Phys. g.
373
m

Phys. g.
373 m

Richter, A.

Leichtfaßliche

Elementar-Naturlehre

für den

Schul- und Selbstunterricht

von

Heinrich Richter.

Bayerische Staatsbibliothek München

Mit 4 lithographirten Tafeln.

Nördlingen, 1849.

Verlag der C. H. Beck'schen Buchhandlung.

824.53

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

„Da fliegt ein Volk Rebhühner aus dem Dorn —
Drein schießt der Jäger nicht, vor Habgier blind —
Er nimmt sich Eines nur fest aufs Korn,
Und steckt die ein, die mit gefallen sind."

Leopold Schefer.

So geht es mir mit diesem Büchlein. Hervorgegangen aus jahrelangen schriftlichen Vorbereitungen für den Unterricht, aus den unter Hofrath Dr. Kastner in Erlangen begonnenen und seit zwölf Jahren mit Vorliebe fortgesetzten Studien und Versuchen: — war es zunächst für die Schülerinnen einer hiesigen höhern Lehranstalt zur Erleichterung der Vorbereitung und Wiederholung bestimmt und sollte auch anfangs nur für diese als „Manuscript" gedruckt werden. Erst die Versicherung achtbarer Männer, daß es auch in andern ähnlichen Lehranstalten willkommen sein dürfte, gab mir den Muth, nach durchgängiger Ueberarbeitung mit Benützung aller im Unterrichte gemachten Erfahrungen es dem großen Strome der Literatur zu übergeben. Möge es denn an demselben manchen Landungsplatz finden, an dem es freundlich aufgenommen wird! — Wo man von der tieferen mathematischen Begründung Umgang nehmen muß und doch die Hauptergebnisse der Naturlehre nach ihrem jetzigen Standpunkte zur Anschauung und Einsicht bringen möchte, — also an Oberklassen gehobener Volksschulen, an höhern Töchterschulen, Realschulen,

Präparandenschulen und Seminarien, wie nicht minder dem Einzelnen der durch Selbststudium es zur Erkenntniß des Gesetzmäßigen in der Natur bringen möchte, — bietet es nun seine Dienste an.

Für gar Manchen bleibt ein derartiger Gang durch das Gebiet der Naturlehre der einzige, den ihn der Unterricht führt; daher wollte ich kein wesentliches Ergebniß der bisherigen Forschungen unberührt lassen, wenn ich auch die nicht weniger wichtige Rücksicht nie übersehen zu haben glaube, daß allgemeiner Bildungsstoff und specieller Apparat der Wissenschaft in einem Buche, wie das vorliegende, streng geschieden werden müssen. Wer sich später zur wissenschaftlich mathematischen Betreibung der Naturlehre wendet, wird aber durch einen derartigen Vor-Cursus einen wesentlichen Vorsprung haben. Die Erinnerung an meinen eigenen Bildungsgang legt mir die Pflicht auf, hier für alle Fälle zu warnen, daß man schon den ersten physikalischen Unterricht auf die gesammten Hilfsmittel der Mathematik baue. Es ist im Lernenden noch nicht das Bedürfniß nach mathematischer Klarheit vorhanden, wenn er nicht zuvor einen Ueberblick über die Gesammtheit der Thatsachen gewonnen hat. Und was nützt alle Anstrengung, wenn ihr nicht wenigstens das entsprechende Gefühl des Bedürfnisses entgegenkommt? — Daß aber der erste Unterricht stets von der Erscheinung oder dem Experimente ausgeht und das Gesetz erst folgert, bedarf wohl nicht der Erwähnung, auch für diejenigen Paragraphen, in welchen zur Vermeidung widerlicher Monotonie und raumvergeudender Wiederholung dieser Weg nicht ausdrücklich vorgezeichnet ist. Der Lehrer ist ja nicht ein Sklave des Lehrbuches.

Ueber die Anordnung habe ich zu bemerken, daß in den ersten Abschnitten das Auseinanderhalten von Uebereinstimmung und Verschiedenheit der Körper — nach W. Eisenlohr's Vorgang — den Vortheil gewähren sollte, aus der Chemie so viel zu erwähnen, als zum Verständnisse der gewöhnlichsten Erscheinungen erforderlich ist, — ohne darum einen losgerissenen Anhang machen zu müssen, der ohnedieß am Ende des Buches sein ganzes Interesse verloren hätte. — Daß Anziehungskraft, Gravitation und Schwere erst bei der Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung fester Körper ihre Stelle finden, hat darin seinen Grund, daß sie hauptsächlich — wenn auch nicht ausschließlich — hier ihre Wirkung äußern, während die Imponderabilien davon ganz unberührt bleiben. — Die damit verwandte Lehre vom Weltgebäude findet wohl am besten in der mathematischen Geographie ihren Platz. — Im Interesse der Wissenschaft hat es mich Ueberwindung gekostet, die Erscheinungen der Interferenz, der Inflexion und Polarisation unerwähnt lassen zu müssen; aber es ist einleuchtend, daß ihre klare Auseinandersetzung die Grenze des populären Unterrichtes überschreitet, — und bekannt, daß die practischen Ergebnisse, welche diese an sich interessanten Phänomene bis jetzt geliefert haben, gering sind. — Die Trennung von gemeiner Electricität und Galvanismus wird vor den Gesetzen des elementarischen Unterrichtes keiner Rechtfertigung bedürfen; auch ist ihr gegenseitiges Verhältniß nicht nur im Schlußparagraphen angedeutet, sondern auch durch die Behandlung beider genügend ins Klare gesetzt.

Ehe ich mich übrigens zu dieser im Ganzen fast traditionell gewordenen Anordnung entschloß, hatte ich eine

nur durch die Erscheinungen bestimmte beabsichtigt; es ergab sich aber bald, daß dieß nicht ohne vielfache Wiederholungen möglich wäre, wie sie wohl im mündlichen Unterrichte statthaft sind, nie aber in einem auf möglichst engen Raum beschränkten Lehrbuche, das nicht zu einer bloßen Witterungskunde, oder gar zu einer Haushaltungsklugheitslehre herabsinken will. Das Object (die zu erlernende Wissenschaft) verdient im Unterrichte immer mindestens eben so viel Rücksicht, als das Subject (der Lernende). Erst nach der vollen Hingabe an — und aus der Vertiefung in das Object findet das Subject sich selbst, erhöht und geläutert, wieder.

So möge denn dieses Büchlein Manchen in die große Werkstätte der Natur einführen, daß er das Walten der ewigen Schöpferkraft in ihren Gesetzen ahnet! Dann wird es seinen höchsten Zweck erreicht haben, zur Verherrlichung des Herrn der Natur beizutragen.

Augsburg im November 1848.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Einleitung 1

Erster Abschnitt. Uebereinstimmung der Körper.

§. 1. Ausdehnung 2
§. 2. Undurchdringlichkeit 2
§. 3. Porosität 3
§. 4. Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit 4
§. 5. Theilbarkeit 5

Zweiter Abschnitt. Verschiedenheit der Körper.

a) Aeußere Verschiedenheit der Körper.

§. 1. Dichtigkeit. Specifisches und relatives Gewicht 5
§. 2. Fest, — flüssig 6
§. 3. Weich, — hart 6
§. 4. Elastisch, — dehnbar, — biegsam, — spröd 7
§. 5. Cohäsion 8
§. 6. Adhäsion 10
§. 7. Capillarität 11

b) Innere (chemische) Verschiedenheit der Körper.

§. 1. Chemische Anziehung. 12
§. 2. Verhältnisse der Verbindung 12
§. 3. Grundstoffe 13
§. 4. Der Sauerstoff 14
§. 5. Der Wasserstoff 14
§. 6. Der Stickstoff 15
§. 7. Das Chlor 16
§. 8. Das Jod 16
§. 9. Der Schwefel 17
§. 10. Der Phosphor 17
§. 11. Der Kohlenstoff 17
§. 12. Die Metalle 19
§. 13. Von einigen Säuren 19
§. 14. Gährung 21

Dritter Abschnitt. Gleichgewicht und Bewegung der festen Körper.

§. 1. Bewegung 22
§. 2. Trägheit 24
§. 3. Der Hebel 25

Seite
§. 4. Die Rolle 26
§. 5. Der Schwerpunkt 28
§. 6. Die schiefe Ebene 29
§. 7. Anziehungskraft. Gravitation. Schwere 30
§. 8. Der freie Fall 31
§. 9. Der Wurf 32
§. 10. Das Pendel 34
§. 11. Die Centralbewegung 35
§. 12. Der Stoß 36
§. 13. Hindernisse der Bewegung 37

Vierter Abschnitt. Gleichgewicht und Bewegung der tropfbar-flüssigen Körper.

§. 1. Gleichgewicht der Flüssigkeiten 39
§. 2. Druck auf die Wände des Gefäßes 39
§. 3. Communicirende Röhren 40
§. 4. Flüssigkeit in beweglichen Gefäßen 41
§. 5. Schwimmen 42
§. 6. Specifisches Gewicht 43
§. 7. Ausfließen der Flüssigkeiten 44
§. 8. Stoß der Flüssigkeiten auf feste Körper 44

Fünfter Abschnitt. Gleichgewicht und Bewegung der elastisch-flüssigen Körper (Gase).

§. 1. Ausdehnsamkeit und Spannkraft 45
§. 2. Druck der Atmosphäre 46
§. 3. Das Barometer 48
§. 4. Das Mariotte'sche Gesetz 50
§. 5. Die Luftpumpe 50
§. 6. Die Compressionspumpe 52
§. 7. Verschiedene Anwendungen des einfachen und verstärkten Luftdruckes 53
§. 8. Einfluß der Luft auf das Gewicht der Körper 55
§. 9. Die Winde 56
§. 10. Verdichtung der Gase durch Anziehung von Seite fester Körper 57
§. 11. Erscheinungen beim Ausströmen der Gase 57

Sechster Abschnitt. Der Schall.

§. 1. Schall und Ton 58
§. 2. Schwingungen der Saiten 58
§. 3. Schwingungen gespannter Häute 60
§. 4. Schwingungen gerader und gekrümmter Stäbe 60
§. 5. Schwingungen gerader und gekrümmter fester Flächen . . . 61
§. 6. Blaseinstrumente 61

Seite
§. 7. Resonanz 62
§. 8. Fortpflanzung des Schalles 63
§. 9. Stärke des Schalles 63
§. 10. Geschwindigkeit des Schalles 64
§. 11. Zurückwerfung des Schalles 65

Siebenter Abschnitt. Die Wärme.

§. 1. Wesen und Erzeugung der Wärme 68
§. 2. Ausdehnung durch Wärme. 69
§. 3. Das Thermometer 70
§. 4. Wärmeleitung 71
§ 5. Strahlende und reflectirte Wärme 73
§. 6. Wärmecapacität 74
§. 7. Freie und gebundene Wärme 75
§. 8. Verdunstung 76
§. 9. Verdampfung 77
§. 10. Die Hydrometeore oder wässerigen Lufterscheinungen . . . 78

Achter Abschnitt. Das Licht.

§. 1. Wesen des Lichtes 80
§. 2. Quellen des Lichtes 80
§. 3. Geschwindigkeit des Lichtes 82
§. 4. Verbreitung des Lichtes 83
§. 5. Der Sehwinkel 84
§. 6. Zurückwerfung (Reflexion) des Lichtes 84
§. 7. Die Brechung der Lichtstrahlen 87
§. 8. Das Auge und die Brillen 90
§. 9. Das Prisma 93
§. 10. Wirkung des Lichtes auf Pflanzen, Thiere und chemische Zusammensetzungen 95
§. 11. Das Daguerreotyp 96

Neunter Abschnitt. Die Electricität.

§. 1. Die einfachsten electrischen Erscheinungen 97
§. 2. Leiter und Nichtleiter 98
§. 3. Der electrische Gegensatz 98
§. 4. Die Electrisirmaschine 99
§. 5. Der Electrophor. 102
§. 6. Die Leydner Flasche und die electrische Batterie 103
§. 7. Electricität als Heilmittel 104
§. 8. Die Electrometeore. 105

Zehnter Abschnitt. Der Galvanismus.

§. 1. Die einfachsten galvanischen Erscheinungen 106
§. 2. Die galvanische Kette und die galvanische Batterie 107

Seite
§. 3. Die Zambonische Säule 109
§. 4. Die Galvanoplastik 110
§. 5. Wirkungen des Galvanismus auf den thierischen Organismus. 111

Eilfter Abschnitt. Der Magnetismus.

§. 1. Die einfachsten magnetischen Erscheinungen 111
§. 2. Mittheilung und Erregung des Magnetismus 112
§. 3. Der magnetische Gegensatz 113
§. 4. Erhöhung und Verminderung der magnetischen Kraft . . 114
§. 5. Declination der Magnetnadel 115
§. 6. Inclination der Magnetnadel 116
§. 7. Der Erdmagnetismus 117
§. 8. Der Compaß und die verwandten Instrumente 118
§. 9. Der electro-magnetische Telegraph 118
§. 10. Das Nordlicht 119
Schluß 120

Einleitung.

Das Wort Natur bezeichnet die Gesammtheit alles dessen, was wir mit den Sinnen wahrnehmen können. Naturwissenschaft ist demnach das gesammte Wissen von dem, was unsere Sinne wahrnehmen nach äußern und innern Merkmalen, Verbindungen und Wirkungen. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Merkmale der Naturkörper, auf ihre Organe und deren Verrichtungen, so entsteht die Naturgeschichte; beschäftigen wir uns aber mit den Eigenschaften, Kräften und Wirkungen der Körper, ohne Rücksicht auf deren Organisation (innere Einrichtung), so gelangen wir zur Naturlehre oder Physik. Betrachten wir endlich die inneren Vorgänge in lebenden Körpern, sowohl Pflanzen, als Thieren, so befinden wir uns auf dem Gebiete der Physiologie.

Die Physik schöpft ihre Lehren zunächst aus der Beobachtung der Veränderungen in der Körperwelt; diese heißen Naturerscheinungen oder Phänomene. Wo die Natur dieselben nicht selbst herbeiführt, kann sie in vielen Fällen der Mensch auf künstliche Weise hervorbringen. Das nennt man einen Versuch oder ein Experiment. Die Werkzeuge, welche man dazu nöthig hat, heißt man physikalischen Apparat. — Die Veränderungen der Körper sind entweder mechanisch oder chemisch; mechanisch, wenn die veränderten Theile noch den nämlichen Namen und die nämlichen wesentlichen Eigenschaften haben, wie vorher; chemisch, wenn ein anderer Körper daraus entstanden ist. Z. B. Zucker wird durch Zerstoßen mechanisch verändert; durch Schmelzen in einem erhitzten Löffel wird er chemisch verändert.

Die Naturerscheinungen erfolgen immer aus den nämlichen Veranlassungen. Die Regelmäßigkeit von Ursache und Wirkung

führt auf die Erkenntniß der Naturgesetze. Wer für eine Erscheinung das Gesetz angibt, nach welchem sie erfolgt, der erklärt sie. Wo eine Erklärung nicht möglich ist, stellt die Naturlehre vermuthete Gesetze auf, welche den Naturgesetzen ähnlich sind. Diese nennt man Hypothesen.

Erster Abschnitt.

Uebereinstimmung der Körper.

§. 1. Ausdehnung.

Jeder Körper nimmt einen Raum ein, d. h. er hat Ausdehnung. Die Ausdehnung ist dreifach, nach Länge, Breite und Dicke. Mit der Ausdehnung zugleich müßen wir uns Grenzen denken, sonst wäre der Körper formlos. Die Art der Begrenzung heißt Figur, Gestalt, Form. Regelmäßige Figur haben die Krystalle, symmetrische Gestalt bewundern wir an den meisten andern Naturkörpern (namentlich z. B. am Staub der Schmetterlingsflügel, an den Augendecken der Insekten, am Querschnitt vieler Pflanzen). Je mehr Raum ein Körper ausfüllt, desto größer ist sein Volumen.

Das nächste Beispiel sehr großer Raumerfüllung ist die Sonne. Alle 13 Planeten zusammen genommen machen kaum den 600sten Theil ihrer Masse aus. Wäre die Sonne hohl, so fände nicht nur die Erde in ihr Platz, sondern auch der Mond könnte sich um sie herumbewegen, ohne irgendwo anzustoßen, obgleich er 54,000 Meilen von der Erde entfernt ist.

Beispiele von geringstem Volumen gewähren uns die Infusorien, von denen manche 1000 Millionen mal kleiner sind als ein Sandkorn und doch noch Werkzeuge der Bewegung und Ernährung haben.

§. 2. Undurchdringlichkeit.

Wenn ich einen Stein in ein mit Wasser ganz gefülltes Glas senke, so läuft ein Theil des Wassers heraus. Wo der Stein hin-

kommt, kann das Wasser nicht bleiben. — Wenn ich ein Trinkglas umgekehrt ins Wasser stürze, so dringt kein Wasser in dasselbe ein, weil Luft in dem Glase ist. Wo die Luft ist, kann nicht zugleich Wasser sein. — Den Raum, welchen ein Körper einnimmt, kann nicht zugleich ein anderer Körper einnehmen. Diese allgemeine Eigenschaft bezeichnet man mit dem Worte Undurchdringlichkeit.

Wenn wir uns in der Luft bewegen, wenn der Fisch im Wasser schwimmt, so wird Luft oder Wasser nicht durchdrungen, sondern verschoben, — die Luft- oder Wassertheilchen weichen aus.

Ausdehnung und Undurchdringlichkeit sind nothwendige Eigenschaften der Körper, weil ohne sie gar kein Körper gedacht werden kann.

§. 3. Porosität.

Bimsstein, frischgebackenes Brod, Schwamm zeigen schon dem bloßen Auge viele Zwischenräume; Seife, Holz, Papier ꝛc. durch einfache Vergrößerungsgläser; der Querschnitt eines Knochens erscheint unter dem Mikroskop wie eine Honigscheibe. Füllt man ein enghalsiges Glas zur Hälfte mit Wasser, zur andern Hälfte mit Weingeist und schüttelt beides unter einander, so nimmt diese Mischung einen geringern Raum ein, als die beiden Flüssigkeiten vorher. Läßt man Zucker, Salz ꝛc. in Wasser zergehen, so nimmt die Auflösung keinen um so viel größern Raum ein, als das aufgelöste Stück beträgt. Marmor läßt den Firniß, an der Oberfläche rauhes Glas läßt das Oel ꝛc. eindringen. Aus dem Wasser steigen, wenn es erwärmt wird, Luftblasen auf. Metalle lassen sich zusammenpressen. Quecksilber läßt sich durch Leder drücken. Wasser und Quecksilber dringen durch den Boden eines hölzernen Bechers, wenn der Raum darunter luftleer ist. — Alle diese Erscheinungen beweisen, daß die Körper den Raum, welchen sie einzunehmen scheinen, nicht ganz erfüllen. Die Zwischenräume, welche sie einschließen, heißen Poren, und die bemerkte Eigenschaft Porosität. Körper, deren Poren mit

bloßem Auge wahrgenommen werden, heißt man locker; die übrigen dicht. Die dichtesten Körper sind Gold und Platina. — Die menschliche Haut hat auf einem Quadratzoll 1 Million Poren.

§. 4. Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit.

Wenn man eine enghalsige Flasche mit Wasser füllt und erwärmt, so nimmt das Wasser einen größern Raum ein. Eine mit Luft gefüllte Blase, die sich zusammendrücken läßt, dehnt sich in der Wärme aus. Eine eiserne Kugel, die bei gewöhnlicher Temperatur in einen Ring genau paßt, geht erwärmt nicht mehr durch. — Die Körper lassen sich ausdehnen. Die Ausdehnung geschieht durch die Wärme.

Münzen verlieren, indem sie durch einen heftigen Stoß ihr Gepräg erhalten, an Umfang. Durch Pressen werden fast alle Körper zu geringerem Volumen genöthigt. — Die Körper lassen sich zusammendrücken. Das Zusammendrücken geschieht durch mechanische Gewalt.

Tropfbare Flüssigkeiten lassen sich weniger zusammendrücken, als feste Körper. Ein Kanonenlauf mit 3 Zoll dicken Wänden berstet eher, als bis man das Wasser in ihm um $^1/_{20}$ seiner Ausdehnung zusammendrücken kann. — Luft läßt sich auf den 100sten Theil ihres gewöhnlichen Umfanges zusammendrücken. In diesem Zustande hat sie eine große Neigung sich auszudehnen und das Gefäß zu zersprengen. Dies zeigt sich bei der Windbüchse, in welcher 100 Kubikzoll Luft ungefähr auf die Größe eines Kubikzolles zusammengepreßt werden. — Werden gewisse Gase (Luftarten) auf einen sehr hohen Grad zusammengedrückt, so fallen die Theilchen der Materie, aus welchen sie besteht, zusammen und werden so dicht, daß sie eine ölige Flüssigkeit bilden. In diesem, wie in allen andern Fällen der Zusammendrückung, wird die Wärme, welche die Theilchen gegen einander schwebend erhielt, herausgetrieben und erhitzt das Gefäß, in welchem der Vorgang stattfindet.

§. 5. Theilbarkeit.

Ein Dukaten gibt 2000 Quadratzoll Goldblättchen. Eine silberne Stange von 1¼ Zoll Dicke und 22 Zoll Länge, mit 1 bis 2 Loth Gold überzogen, gibt einen Draht von 60 bis 70 Meilen Länge, der noch überall vergoldet ist. 1 ℔ Baumwolle hat man zu einem Faden von 40 Meilen Länge gesponnen. Indianer haben Mousselin gewebt, von welchem 30 Ellen in eine gewöhnliche Dose gingen. Der Faden einer Spinne ist aus 6000 Fäden zusammengesetzt. 1 Gran Karmin färbt 20 ℔ Wasser merklich roth. Mit 1 Unze Cochenille kann man 10 Unzen Seide (= 150,000 Fäden, von denen jeder durchschnittlich aus 50 Coconfäden besteht) hinreichend röthen. Moschus. Der Duft der Blumen. Die Ausdünstung der Menschen und Thiere ist für Hunde bemerkbar. Der dünnste Theil einer Seifenblase, die gleichsam eine dünne Schale aus Wasser und Seife ist, übersteigt nicht an Dichtigkeit den 2½ Milliontels-Theil eines Zolles. Gold läßt sich so dünn hämmern, daß es durchscheinend wird. Platina läßt sich zu so feinem Draht strecken wie die Fäden eines Spinnengewebes.

Wir lernen daraus: Alle Körper sind theilbar. Die Theilbarkeit hat zwar in der Wirklichkeit, aber nicht in unserer Vorstellung Grenzen. Die Theilchen, welche wir uns als nicht mehr zerlegbar vorstellen, heißen Atome.

Zweiter Abschnitt.

Verschiedenheit der Körper.

a) Aeußere Verschiedenheit der Körper.

§. 1. Dichtigkeit. Specifisches und relatives Gewicht.

Beinahe alle Körper haben bei gleichem Rauminhalte ungleiches Gewicht. Darauf gründet sich die Vorstellung von ihrer Dichtigkeit. Von zwei Körpern, welche gleichen Rauminhalt haben, nennt man den schwereren den dichteren.

Feste und tropfbare Körper vergleicht man in Beziehung auf ihre Dichtigkeit mit dem Wasser. Wenn man z. B. sagt: die Dichtigkeit des Kupfers ist 9, so heißt dieß: ein Kubikzoll Kupfer ist 9mal so schwer, als ein Kubikzoll Wasser. Gase vergleicht man in Beziehung auf ihre Dichtigkeit mit der Luft.

Die Zahl, welche uns sagt, wie viel mal ein Körper dichter oder weniger dicht ist, als das Wasser, ist das specifische Gewicht des Körpers. Das relative Gewicht wird durch Abwägen gefunden. — Nimmt man das absolute Gewicht eines Kubikfußes Wasser zu 66 ℔ an, so ist das absolute Gewicht eines Kubikfußes Kupfer $9 \times 66 = 594$ ℔. Die Kenntniß des specifischen Gewichtes gibt also ein Mittel an die Hand, schon aus dem Volumen desselben das relative Gewicht zu bestimmen.

§. 2. Fest, — flüssig. —

Lassen sich die Theile eines Körpers leicht verschieben, so heißt er flüssig; ist dieß nicht der Fall, so heißt er fest. Ein flüssiger Körper, der dem Drucke auffallend widersteht, und bei abnehmendem Drucke sich nicht sehr merklich erweitert, heißt tropfbar flüssig; läßt er sich hingegen merklich zusammenpressen und dehnt er sich bei nachlassendem Drucke merklich aus, so heißt er elastisch flüssig.

Die beiden letzten Unterschiede werden am klarsten, wenn man ein Gefäß mit Wasser und eine mit wenig Luft gefüllte Blase in einen luftleeren Raum bringt.

§. 3. Weich, — hart.

Körper, welche wenig Widerstand leisten, wenn man ihnen eine andere Gestalt geben will, heißen weich; diejenigen, welche bedeutenden Widerstand leisten, hart. Die härtesten Körper sind Iridium und Diamant. Die Härte hängt weniger von der Dichtigkeit des Stoffes, als von der Kraft ab, mit welcher die Theilchen eines Körpers zusammenhängen oder ihre Stelle behaupten. (Plötzlich abgekühlter Stahl ist härter, als Glas; langsam abgekühlter ist weich und biegsam.)

§. 4. Elastisch, — dehnbar, — biegsam, — spröd.

Federharz, gehärteter Stahl, Elfenbein, Fischbein ꝛc. nehmen, wenn man ihre ursprüngliche Gestalt durch Druck u. dgl. verändert, dieselbe sogleich wieder an, sobald der Druck nachläßt. Eine Billardkugel, auf eine geschwärzte Marmortafel geworfen, bekommt einen viel größern schwarzen Fleck, als man vermöge der Kugelgestalt vermuthen sollte. Der Bogen einer Armbrust nimmt mit großer Gewalt seine vorige Lage wieder ein, sobald die Sehne losgelassen ist. Die Kraft, womit die in der Windbüchse auf den 100sten Theil ihres Umfanges zusammengepreßte Luft ihren vorigen Umfang wieder einnimmt, bewirkt die Forttreibung des Geschosses. — Alle Körper, welche das Bestreben zeigen, ihre vorige Ausdehnung und Gestalt wieder anzunehmen, sobald sie nicht mehr daran gehindert werden, heißen elastisch. Bei ganz geringer Formänderung vermag dies jeder Körper; eine größere Kraft kann aber auch jedem Körper eine dauernde Formänderung geben.

Blei, Zinn und Gold lassen sich durch Schlagen sehr dehnen; Platina, Silber und Eisen durch den Zug. Alle Körper, welche eine Formänderung erleiden, ohne den Zusammenhang aufzugeben, heißen dehnbar. An sich sehr dehnbar ist die menschliche Haut.

Metallsaiten, Fischbein, dünne Zinn- und Bleiplatten, Weidenruthen ꝛc. lassen ihre Theile nach verschiedenen Richtungen wenden, ohne zu zerreißen oder zu zerbrechen. Solche Körper heißen biegsam.

Bologneser Fläschchen, Glasthränen lassen ihre Gestalt nicht wahrnehmbar ändern, ohne daß sich die Theile trennen. Solche Körper nennt man spröd.

Stahl wird gehärtet, indem man ihn glühend in eine kalte Flüssigkeit taucht. Die Sprödigkeit, welche er dadurch erhält, benimmt man ihm zum Theil wieder durch das Anlassen. Der harte Stahl wird dabei gelinde erwärmt und langsam erkaltet. — Die Sprödigkeit des Glases ist immer eine Folge sehr schneller Abkühlung. Glasgefäße macht man dauerhafter, wenn man sie in Wasser siedet und mit dem Wasser langsam erkalten läßt.

§. 5. Cohäsion.

Muschenbroek hängte vierkantige Stäbchen von 2 Linien Breite aus verschiedenen Metallen senkrecht auf, und beschwerte sie am untern Ende so lang mit Gewichten, bis sie rissen. Dazu erforderte Blei 25, Zink 80, engl. Zinn 150, japanisches Kupfer 570, feines Gold 580, schwedisches Kupfer 1060, feines Silber 1160, deutsches Eisen 1936 ℔. Von verschiedenen Holzarten bedurfte: Fichtenholz 550, Tannenholz 600, Lindenholz 1000, Eichenholz 1150, Buchenholz 1250 ℔. Der Faden, den eine Seidenraupe spinnt (und deren 50 man zu einem gewöhnlichen Seidenfaden braucht), trägt 1⅓ Quint, ein Menschenhaar 8 Loth. Ein Seidenfaden trägt 3mal so viel, als ein eben so dicker leinener. Die Kraft, mit welcher die Atome eines und desselben festen Körpers zusammenhängen, heißt **Cohäsion**. Der Widerstand, welchen ein Körper leistet, wenn man ihn zerreißen oder zerbrechen will, heißt **Festigkeit**.

Ein und derselbe Stoff hat verschiedene Cohäsion, je nachdem man seine Form und die Anordnung seiner Theile ändert. Hohle Cylinder können eine größere Last tragen, als solide von gleicher Länge und gleichem Gewichte. — Metallplatten, auf der Oberfläche in Rinnen gebogen, sind stärker, als dieselben Metallplatten, wenn sie flach bleiben. Die großen Waarenhäuser und Werften der Londoner Doks sind mit dünnen eisernen Platten bedeckt, welche in halbkreisförmige Rinnen gebogen sind und dadurch alle Stärke dikker Platten besitzen, ohne deren gefährliches Gewicht. — Schlauchförmig gewobene Seile sind stärker, als gedrehte. Stricke aus feinem Faden und wenig gedreht, zeigen mehr Cohäsion, als Stricke aus grobem Faden und stark gedreht. (Ein hanfener Strick, durch Drehen um ⅕ seiner Länge verkürzt, trägt 6200 ℔, — um ¼ verkürzt, nur 4098 ℔). Ein Seil, aus Eisendrähten gewunden, ist stärker, als ein gleich langer und gleich schwerer Stab von Eisen, weil der Draht beim Ziehen eine dichtere Oberfläche erhält. — Je feiner Flachs und Hanf gehechelt wird, desto mehr Berührungsflächen bietet er dar, desto fester wird der Faden und das Gewebe. — Die Tücher erhalten durch Walken eine größere Festigkeit: die

Fäden saugen Feuchtigkeit ein, drehen sich rückwärts; werden zwar kürzer, kommen aber zugleich näher aneinander.

Wenn Feuchtigkeit in die Zwischenräume eindringt, wird die Cohäsion geschwächt; deßwegen sind Fäden und Leinwand gebleicht schwächer, als ungebleicht. Holz, das im Wasser liegt. — Manche Körper werden fester, wenn man sie der Wärme und der freien Luft aussetzt (Obst, Fleisch.). Starkes Feuer macht Geschirre und Ziegelsteine hart, den Kalkstein weich.

Die Cohäsion der Metalle wird erhöht durch Hämmern, Schmieden, Gießen, Walzen (Walzblei); besonders aber durch Legiren. Eisen wird durch Zusatz von 1 Procent Silber sehr hart. Eben so sind folgende Legirungen viel cohärenter, als die einzelnen Metalle, aus welchen sie bestehen: Glockenspeise (78 Kupfer, 22 Zinn); Kanonenmetall (100 Kupfer, 10 Zinn); Spiegelmetall für Teleskope (2 Kupfer, 1 Zinn); — Tombak (32 Kupfer, 24 Zink); feines Messing (68 Kupfer, 32 Zink); — Neusilber (55 Kupfer, 18 Nickel, 30 Zink).

Bei den Flügeln der Vögel sehen wir Festigkeit mit Leichtigkeit vereinigt. Der hohle Cylinder der Federspule besitzt bei geringer Masse doch genug Festigkeit, um beim Fliegen sich nicht umzubiegen. — Auch die Knochen der Thiere sind aus dem nämlichen Grunde hohl. —

Bei flüssigen Körpern ist die Cohäsion so schwach, daß sie nicht fähig sind, eine selbstständige Gestalt zu behaupten. Daß sie aber doch Cohäsion besitzen, zeigt die Tropfenbildung und die convexe Oberfläche eines übervollen Glases. Die Cohäsion des Wassers wird durch Wärme noch vermindert, deßwegen bildet warmes Wasser kleinere Tropfen, als kaltes; deßwegen fällt im Sommer, wenn die obere Luft nicht zu sehr erkaltet ist, der erste Regen in feinen Tropfen und erst der spätere, wenn die Luft bereits abgekühlt ist, in größeren. — Alle flüssigen Körper, welche frei in der Luft schweben, ordnen ihre Theile um einen Mittelpunkt und nehmen Kugelform an. Die Verfertigung der Schrote bildet ein merkwürdiges Beispiel. Das geschmolzene Blei wird in ein Sieb ungefähr 200 Fuß über dem Boden gegossen. Jeder Bleistrom trennt sich, sobald er

das Sieb verläßt, in kleine Kügelchen, welche, bevor sie den Boden erreichen, abgekühlt und fest werden. — So waren auch die Planeten anfänglich in flüssigem Zustande, mußten in diesem nothwendig Kugelform annehmen und sind alsdann erst allmählig zu ihrer gegenwärtigen Festigkeit erhärtet.

§. 6. Adhäsion.

Wenn man zwei sehr ebene Platten von Glas, Marmor oder Metall auf einander legt, so erfordert es immer einige Gewalt, um sie wieder von einander zu trennen. Diese Kraft nimmt zu mit der Anzahl der Berührungspunkte; hört aber auf, merklich zu sein, wenn man ein dünnes Blatt Papier dazwischen legt. Diese Anziehung zwischen zwei gleichartigen oder zwei ungleichartigen Körpern, die sich an ihren Oberflächen berühren, heißt Adhäsion. Polirte Spiegelglasplatten, die man in den Fabriken auf einander legt, haften zuweilen so fest aneinander, daß man sie nicht trennen kann, ohne sie zu zerbrechen Preßt man zwei sehr ebene, frisch geschabte Bleicylinder fest zusammen, so sind sie nur mit großer Kraft von einander zu trennen; — weil das Blei weich ist, haben sich Massentheilchen des einen Cylinders denen des andern so sehr genähert, daß sie zusammen Eine Masse bilden und nun anstatt der Adhäsion eigentlich die Cohäsion zu überwinden ist. — Bringt man eine Glasplatte mit der Oberfläche des Wassers in Berührung, so ist ebenfalls eine gewisse Kraft nöthig, um sie wieder davon zu trennen. Nach erfolgter Trennung haften aber noch Wassertheilchen an der Platte: es adhärirt also das Wasser an die Glasplatte, aber es ist in diesem Falle nicht die Adhäsion des Wassers zum Glase, sondern die Cohäsion der Wassertheilchen aufgehoben worden.

Wirkung der Adhäsion ist: a) das Anhaften des Metallbeleges, z. B. an Spiegeln; b) das Schweißen des Eisens; c) das Löthen; d) das Vergolden mittelst Amalgam; e) das Leimen und Kitten; f) das Naßwerden fester Körper, wenn sie in Flüssigkeit getaucht werden; g) das Schwimmen einer feinen Nähnadel auf dem Wasser; h) das Herabrinnen der Flüssigkeiten

am Gefäße; i) der höhere Stand der Flüssigkeiten am Rande der Gefäße; k) das Hängenbleiben des Staubes.

Talg u. dgl. zwischen zwei feste Körper gebracht, erhöht die Adhäsion; Fettigkeit zwischen festen und flüssigen oder erhärtenden Körpern hebt sie auf (deßwegen bestreicht man die Backbleche und Formen mit Schmalz ꝛc.). Die Schwimmvögel versehen ihre Federn mit einem fettigen Ueberzuge aus ihrer Oeldrüse; sie dürfen sich daher nur schütteln, so rollt das Wasser kugelig über ihren Körper herab. — Ebenso hat Staub gegen Wasser keine Adhäsion. Wenn man auf die Oberfläche des Wassers in einem Glase Bärlappsamen schüttet, kann man den Finger bis auf den Boden des Gefäßes bringen, ohne ihn naß zu machen. — Quecksilber hat gegen Glas, Holz, Eisen keine Adhäsion. Weil es zu Zeug keine Adhäsion hat, kann man es in Flor tragen.

§. 7. Capillarität.

In sehr engen Röhren (Haarröhrchen) steigt adhärirende Flüssigkeit höher, als das allgemeine Niveau ist; nicht adhärirende Flüssigkeit bleibt unter dem allgemeinen Niveau (Quecksilber steigt in zinnernen und bleiernen Haarröhrchen ebenso, wie Wasser in gläsernen). Ebenso steigt das Wasser zwischen zwei sehr nahe stehenden Glasplatten. — Die Schnelligkeit, mit welcher das Aufsteigen erfolgt, ist um so größer, je enger die Röhre ist. Diese besondere Art der Adhäsion, welche sich darin kund gibt, daß tropfbare Flüssigkeit an den innern Wänden sehr enger Röhren hinaufsteigt, heißt Capillarität oder Haarröhrchenkraft. — Fließpapier saugt Flüssigkeit so sehr ein, daß es gebraucht werden kann, um dieselbe von einem Gefäße in ein anderes zu leiten. Der Docht der Lampen und Kerzen saugt die geschmolzene Fettigkeit ein und zieht sie in sich hinauf. Daß der Badeschwamm die Flüssigkeiten einsaugt, macht es uns möglich, uns mit demselben zu waschen; daß Leinwand das Nämliche thut, macht das Handtuch zum Abtrocknen brauchbar. Der Zucker wird theilweise durch Ueberziehen mit genäßtem Thon raffinirt. So steigt auch in feuchten Mauern die Flüssigkeit, und eingenäßtes Holz quillt so bedeutend auf, daß man

mittelst desselben Felsenmassen zersprengen kann. In den Pflanzenzellen, deren Durchmesser kaum den 250sten Theil einer Linie beträgt, steigen die Säfte mit großer Kraft in die Höhe. — Ein Haarröhrchen kann aber nie überlaufen, da das Steigen bloß durch die Ziehung der innern Wände des Röhrchens gegen die Flüssigkeit hervorgebracht wird.

---

b) Innere (chemische) Verschiedenheit der Körper.

§. 1. Chemische Anziehung.

Wasser Glaubersalzlösung Weingeist	Essig Kalk Pottasche	Salpetersäure Kupfer Eisen

Die Kraft, durch welche zwei Körper sich so mit einander verbinden, daß sie nun eine gleichartige Materie bilden, heißt **chemische Anziehung**. — Von den Körpern, weche sich chemisch verbinden, sagt man: sie haben chemische Verwandtschaft. Wenn ein dritter Körper ausgeschieden wird, während sich zwei verbinden, so ist die Wahlverwandtschaft thätig. Von dem ausgeschiedenen Körper sagt man: er ist niedergeschlagen worden. Was auf dem Boden des Gefäßes zu sehen ist, heißt Niederschlag.

§. 2. Verhältnisse der Verbindung.

Manche Stoffe, z. B. Wasser und Weingeist, verbinden sich in jedem Verhältnisse mit einander. Bei andern nimmt der eine Körper höchstens eine gewisse Menge des andern in sich auf, z. B. das Wasser löst nicht mehr als 27 Prozent Kochsalz auf. In diesem Zustande heißt das Auflösungsmittel gesättigt. Der Sättigungszustand ändert sich bei manchen Körpern mit der Temperatur: heißes Wasser löst mehr Salpeter auf, als kaltes; kaltes Wasser löst mehr Kalk auf, als warmes, Kochsalz wird von heißem und kaltem Wasser gleichviel aufgelöst. — Andere Stoffe verbinden sich nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen, und nur diese haben chemische Verwandtschaft. Diese bestimmten Gewichtsverhältnisse

bleiben sich untereinander immer gleich und heißen Mischungsgewichte oder Aequivalente. Sie sind bei den verschiedenen Körpern an Größe sehr verschieden, nur bei wenigen Körpern stimmen sie überein.

Wasser besteht aus 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheilen Sauerstoff.

Wenn man das Mischungsgewicht des Wasserstoffes = 1 annimmt, so ist 8 das Mischungsgewicht des Sauerstoffs.

Kochsalz besteht aus 24 Gewichtstheilen Natrium und 36 Gewichtstheilen Chlor. Das Mischungsgewicht des Natriums ist daher 24, das des Chlors 36.

Man sagt daher kurz: Wasser besteht aus je einem Mischungsgewichte Wasserstoff und Sauerstoff, Kochsalz aus je einem Mischungsgewichte Natrium und Chlor.

In allen Fällen, wo sich Sauerstoff mit einem andern Körper verbindet, geschieht dieß mit 8 Gewichtstheilen oder mit 8×2 oder mit 8×3 oder mit 8×4 oder mit 8×5 u. s. w.

In allen Fällen, wo sich Chlor mit einem andern Körper verbindet, geschieht dieß mit 36 oder 36×2 oder 36×3 oder 36×4 oder 36×5 u. s. w. Gewichtstheilen.

Die Lehre über diese bestimmten Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen heißt Stöchiometrie.

§. 3. Grundstoffe.

Die verschiedenen Verwandtschaftsverhältnisse benützt die Chemie, bald, um unbekannte Stoffe mit einander zu verbinden, bald, um aus unbekannten Verbindungen die bekannten Soffe auszuscheiden, also das Unbekannte in seine Theile zu zerlegen.

Vermag man einen Körper nicht mehr in einfachere Stoffe zu zerlegen, so nennt man ihn einfach, oder ein chemisches Element, einen Grundstoff. Die Zahl der bekannten Grundstoffe beträgt gegenwärtig 55. Man theilt sie in Metalle und Metalloide (d. h. nicht metallische Stoffe). — Die merkwürdigsten Metalloide sind: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Jod, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff.

§. 4. Der Sauerstoff (das Oxygen)

ist frei nur als Gas bekannt. Er macht über $1/_3$ unserer Erde und geht die meisten Verbindungen ein. Man erhält ihn durch Glühen verschiedener Körper (z. B. Braunstein, Mennig rc.). Er ist durchsichtig, ohne Farbe, ohne Geruch, ohne Geschmack. Er allein unterhält das Athmen und Brennen, und wird bei beiden Thätigkeiten aus der Luft ausgeschieden und verzehrt, daher heißt er auch Lebensluft. Das blaue Venenblut wird durch ihn in rothes Arterienblut umgewandelt. Körper, welche sonst nur glühen, brennen darin mit blendender Flamme und lebhaftem Funkensprühen; daher leitet man auf die Glut, in welcher schwerflüssige Metalle rc. geschmolzen werden, durch Gebläse einen Strom von Sauerstoff. Seine Verbindungen mit andern Körpern heißen Oxyde. — Er ist wenig schwerer, als die Luft.

§. 5. Der Wasserstoff (das Hydrogen)

ist 13mal so leicht, als die Luft, ebenfalls farb-, geruch- und geschmacklos und nur in Gasgestalt bekannt. Er taugt nicht zum Athmen, ist aber sehr brennbar. Mit athmosphärischer Luft vermengt und eingeathmet, macht er schläfrig, ist aber unschädlich. Im reinen Wasserstoffgas sterben Thiere, nicht wegen einer giftigen Eigenschaft desselben, sondern weil der Sauerstoff fehlt. Mit Wasserstoff (oder besser, da dieses wegen seiner Dünne allzuleicht durch den Zeug des Ballons entweicht, mit Kohlenwasserstoffgas) werden die Luftballons gefüllt.

Zwei Raumtheile Wasserstoff und ein Raumtheil Sauerstoff gibt Knallgas, welches die stärksten Gefäße zertrümmert, ja ganze Gebäude zerstört. In §. 2 ist gesagt, daß das Wasser aus 1 Gewichtstheile Wasserstoffgas und 8 Gewichtstheilen Sauerstoffgas besteht, das Wasserstoffgas ist mithin 16mal spezifisch leichter, als Sauerstoffgas

Das Wasser löst viele Körper in sich auf und viele Luftarten werden vom Wasser verschluckt (gebunden). Dadurch erhält es verschiedene Eigenschaften, nach denen man es weich, hart, oder Mineralwasser nennt. Das harte Wasser enthält so viele Kalk-

oder Gypstheile in sich aufgelöst, daß Seife in ihm keinen Schaum gibt und Hülsenfrüchte (besonders Erbsen) sich nicht weich sieden lassen. Das weichste Wasser ist Regenwasser. — Wenn das Wasser mit Pflanzen- oder thierischen Stoffen verunreinigt ist, so bekommt es übeln Geschmack und Geruch, wird aber mit der Zeit wieder rein, weil diese Stoffe durch Fäulniß zerstört werden. Man reinigt es, indem man es durch Gefäße filtrirt, in denen Kohle und Sand abwechselnd geschichtet ist. Man schützt es lange vor dem Verderben durch eine kleine Menge Kalk oder Kohle. Flüsse mit kiesigem Grunde haben helles und klares Wasser.

Wird das Wasser erkältet, so verdichtet es sich, ehe es zu gefrieren anfängt; im Augenblicke des Gefrierens nimmt es wieder um $1/_{10}$ an Rauminhalt zu. Dabei dehnt es sich mit so großer Gewalt aus, daß es sehr starke Gefäße zersprengen kann. — Erwärmt man das Wasser, so kocht es und verwandelt sich zuletzt in Dämpfe, welche einen 1700mal größeren Raum einnehmen, als das dazu verwendete Wasser. Daher die große Gewalt, welche der Dampf in allen von ihm getriebenen Maschinen ausübt.

§. 6. Der Stickstoff (das Azot)

erscheint frei ebenfalls nur als Gas, macht $4/_5$ unserer Atmosphäre aus und ist Hauptbestandtheil aller thierischen Körper. Er hat seinen Namen daher, weil Thiere, welche dieses Gas unvermengt athmen, ersticken, und Lichter in ihm erlöschen. Dieß ist jedoch nur Folge des Mangels an Sauerstoff, nicht einer tödtlichen Eigenschaft des Stickstoffs. Er ist wenig leichter, als die Luft.

Die athmosphärische Luft ist ein Gemenge von 79 Raumtheilen Stickstoff und 21 Raumtheilen Sauerstoff. Obgleich sie keine chemische Verbindung dieser beiden Gase ist, bleibt doch ihre Zusammensetzung in jeder Höhe und Tiefe der Erde gleich. Wasserdunst und Köhlensäure enthält die Luft außerdem noch in veränderlicher Menge. Beim Athmen wird von Menschen und Thieren der Sauerstoff der Luft allmählig verzehrt, indem er zur Oxydation des Blutes verwendet wird und diesem die schöne rothe Farbe gibt. Bei seinem Umlaufe durch den Körper nimmt das Blut

Kohlenstoff aus den genossenen Speisen auf und kommt als dunkle Flüssigkeit fast ohne allen Sauerstoff in die Lungen zurück, wo es auf's Neue oxydirt wird. Die ausgeathmete Luft ist Stickstoff mit Wasserdämpfen und etwas Kohlensäure. Daher wird die in einem eingeschlossenen Raume durchs Athmen verdorbene Luft erstickend. Ein Mensch verderbt in einer Minute 3 Maaß Luft.

Die schwarze Grotte bei Lahore in Ostindien 1755 (von 146 Personen kamen von Abends 9 Uhr bis Morgens 5 Uhr 123 um. Hollwell). Sklavenschiffe. — Versammlungssäle — Schlafzimmer — Bettvorhänge — Ventilatoren — Glühende Kohlen.

§. 7. Das Chlor

findet sich in der Natur nur in Verbindung mit Metallen, vorzüglich als Chlornatrium oder Kochsalz. Es ist ein blaßgrünliches Gas, $2\frac{1}{2}$mal so schwer als die Luft, wirkt erstickend und erregt schon in geringer Menge Schnupfen und Husten. Es ist nicht brennbar, aber ein Wachslicht brennt darin fort und Phosphor entzündet sich von selbst darin. Es verzehrt organische Farben im feuchten Zustande und dient daher zum Schnellbleichen. Es zerstört manche schädlichen Dünste und wird daher bei ansteckenden Krankheiten zum Räuchern benützt. Mit Kalk verbindet es sich in Gegenwart von Wasser zu Chlorkalk. Dieser hat viele nützliche Eigenschaften. Den Leichen benimmt er den übeln Geruch; Menschen, welche sich in lange verschlossen gewesene Gewölbe oder Kanäle begeben müssen, bestreichen damit, um sich vor dem Ersticken zu sichern, Gesicht und Arme und bespritzen die ausdünstenden Gegenstände. — Organische Flecken werden aus Zeug augenblicklich herausgebracht, wenn man ihn zuerst in schwache Säure und dann in Chlorkalkauflösung taucht. Dabei geht aber oft die Farbe des Zeuges zu Grund. — Chloroform ist eine Verbindung von Chlor, Kohlenstoff und Wasserstoff. Dreifach Chlorkohlenstoff, ein gegen die Cholera angerathenes Arzneimittel, besteht aus Chlor und Kohlenstoff.

§. 8. Das Jod

ist eine feste, dunkelgraue Substanz von metallähnlichem Glanze,

riecht unangenehm und verwandelt sich in der Wärme in ein schönes violettes Gas. Bei Drüsenleiden ist es sehr heilsam durch seine zusammenziehende Wirkung.

§. 9. Der Schwefel

kommt im Krater der Vulkane, hie und da im Gyps und Kalksteine gediegen vor. Den unreinen Schwefel erhitzt man in verschlossenen Gefäßen, wodurch er sich am Deckel des Gefäßes als Schwefelblume anhängt. Bei sehr großer Wärme verwandelt er sich in eine zähe braune Masse, die in Wasser gegossen nur langsam erhärtet und daher zu Münzabdrücken u. dgl. gebraucht wird.

§. 10. Der Phosphor

wird aus Knochen fleischfressender Thiere gewonnen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist er fest, blaßgelb, durchscheinend, läßt sich leicht schneiden und raucht in der Luft. Er leuchtet im Dunkeln und gibt mit Oel eine leuchtende Pomade. Er ist leicht schmelzbar und entzündet sich bei geringer Hitze, ja mit Wasserstoffgas verbunden entzündet er sich an der Luft von selbst. Wahrscheinlich ist dieses Phosphorwasserstoffgas der Hauptbestandtheil der Irrlichter.

§. 11. Der Kohlenstoff (das Carbon)

ist der Hauptbestandtheil aller Pflanzenkörper, aber in reinem Zustande in der Natur selten. Die reinste Art davon ist der Diamant, der im Sauerstoffgase zu Kohlensäure verbrennt. In der Kohle und im Graphit ist er nicht rein enthalten. Die gut ausgebrannte Kohle, namentlich der weichen Hölzer (Weiden, Kiefer) hat die Eigenschaft, verschiedene Stoffe aus dem Pflanzen- und Thierreiche anzuziehen und festzuhalten, daher sie gebraucht wird, faulenden Substanzen Geruch und Geschmack zu nehmen, faul gewordenes Wasser trinkbar zu machen, Flüssigkeiten zu entfärben. Kohlenpulver macht die Luft trocken. Stahlwaaren rosten nicht, wenn man sie in Kohlenpulver einpackt. Holzpfähle werden am untern Ende verkohlt, weil die Kohle der Fäulniß widersteht. Ebenso kann Fleisch durch Kohlenpulver vor Fäulniß bewahrt werden.

Von den Verbindungen des Kohlenstoffs sind folgende die

wichtigsten: a) das kohlensaure Gas (1 Mischungsgewicht Kohlenstoff und 2 Mischungsgewichte Sauerstoff). Es ist 1½mal so schwer, als die Luft und entwickelt sich bei allen gährenden Körpern und aus manchen Höhlen, z. B. der Hundsgrotte bei Neapel. Es wirkt unvermengt erstickend und ist den Lungen nachtheilig. Dem Magen hingegen ist es zuträglich und wird im Selterser Wasser, Pyrmonter Wasser, im Champagner und allen andern geistigen Getränken, denen es überhaupt einen angenehmen Geschmack und Geruch mittheilt, genossen. Das Wasser enthält durch die Kohlensäure das Vermögen, Metalle und Erdarten in sich aufzulösen, welche beim Entweichen der Kohlensäure wieder niederfallen. Daher werden die Gläser trüb, aus denen man Mineralwasser trinkt. Lange nicht geöffnete Brunnen, Keller ꝛc. enthalten es in großer Menge. Da es die Lichtflamme erstickt, muß man als Probe ein Licht in solche Räume hinablassen, bevor man sie betritt. An der Salzquelle in Kissingen entwickelt sich dieses Gas aus dem Boden. Die blauen Flämmchen über glühenden Kohlen sind Kohlenoxydgas (1 Mischungsgewicht Kohlenstoff und 1 Mischungsgewicht Sauerstoff); Oefen, in denen man vom Zimmer aus heizt, dürfen nicht ganz verschlossen werden, bis diese Flämmchen verschwunden sind, da sonst Erstickungszufälle herbeigeführt werden.

b) Das Kohlengas oder Leuchtgas, welches bei Gasbeleuchtungen gebraucht wird. Es enthält 1 Mischungsgewicht Wasserstoff und 1 Mischungsgewicht Kohlenstoff. Zur Gasbeleuchtung werden Steinkohlen oder Walfischthran ꝛc. in großen eisernen Cylindern ausgeglüht, das Gas wird aufgefangen, in Kalkmilch geleitet, um es von dem kohlensauern Gase und vom Schwefel zu reinigen, in einem großen Behälter (Gasometer) gesammelt und von da durch Röhren an jeden beliebigen Ort geleitet. — Vorsicht, um es nicht mit atmosphärischer Luft zu mengen (Explosion). — Die meisten brennenden Körper, als Holz, Talg, Wachs, sind brennender Kohlenstoff und Wasserstoff, mit harzigen Theilen vermischt, welche Rauch und Ruß erzeugen, während die Flamme des Leuchtgases heller als jede Lampen- oder Wachslichtflamme ist und von Rauch und Ruß keine Spur zeigt.

c) Das Grubengas (1 Mischungsgewicht Kohlenstoff und 2 Mischungsgewichte Wasserstoff) entwickelt sich aus faulenden Körpern und in Bergwerken. Mit der Luft gemischt, bildet es Knallgas, welches sich entzündet, sobald es mit einer Lichtflamme in Berührung kommt, und in Bergwerken oft heftige Explosionen verursacht. Daher wird es von den Bergleuten schlagendes Wetter, feuriger Schwaden genannt. Davy's Entdeckung, daß keine Flamme durch ein sehr enges, feines Drahtgewebe schlägt, führte ihn zur Erfindung der Sicherheitslampe für Bergleute.

§. 12. Die Metalle

sind schmelzbare, brennbare und undurchsichtige Körper, welche durch Poliren einen eigenthümlichen Glanz erhalten. Am leichtesten schmelzbar ist Quecksilber (— 32° R.); Gold und Platina fordern zum Schmelzen die größte Hitze. Das dichteste Metall ist Iridium (23mal so dicht, als das Wasser), dann Platina (21), Gold (19), Quecksilber (14), Blei (11), Silber (10), Eisen (7). — Die geschmeidigsten und dehnbarsten Metalle sind: Eisen, Kupfer, Platina, Silber, Gold, Zinn, Blei; die chemischen Eigenschaften der Metalle sind:

1) alle Metalle verbinden sich mit fast allen Metalloiden, besonders leicht mit Sauerstoff und Schwefel. Diejenigen, aus deren Oxyden beim Glühen der Sauerstoff wieder entweicht, heißen edle (Gold, Silber, Platina, Iridium).

2) Die Metalle verbinden sich unter einander entweder nach bestimmten Verhältnissen, oder durch bloßes Zusammenschmelzen. Verbindungen der letzten Art heißen Legirungen. Ist das Quecksilber ein Theil der Legirung, so heißt sie Amalgam.

3) Die Metalle kommen in der Natur selten gediegen vor, sondern meistens in Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel und Arsenik. In diesem Zustande heißen sie Erze.

§. 13. Von einigen Säuren.

Die Chemie ist wohl im Stande, die einfachen Stoffe aus den zusammengesetzten Körpern auszuscheiden; aber alle in der

Natur vorkommenden zusammengesetzten Körper vermag sie nicht aus ihren Elementen zu bilden.

Diejenigen chemischen Verbindungen, welche für die Physik am wichtigsten sind, mögen etwa folgende Säuren sein:

1) Die Salpetersäure (1 Mischungsgewicht Stickstoff und 5 Mischungsgewichte Sauerstoff) ist farblos, raucht schwach und hat einen eigenthümlichen Geruch. Sie oxidirt alle Metalle, nur Gold und Platina nicht. Sie zersetzt alle organischen Stoffe und färbt dabei manche gelb, z. B. Wolle, Indigo, die menschliche Haut, hingegen dem Wachs entzieht sie die gelbe Farbe und wird daher zum Wachsbleichen angewendet. Dabei verliert sie einen Theil ihres Sauerstoffs und entweicht in rothen Dämpfen, an denen sie leicht von jeder andern Säure zu unterscheiden ist. — Mit Wasser verdünnt, gibt sie das Scheidewasser. Mit Pottasche (Kali) bildet sie den Salpeter.

Anmerk. 50 Salpeter, 4 Kohle und 8 Schwefel geben das Schießpulver, dessen Wirkung auf folgendem Vorgang beruht: die Kohle verbindet sich mit dem Sauerstoff der Salpetersäure und dehnt sich mit dem dadurch frei gewordenen Stickstoff zugleich zur Luftform aus. Dieses Gas nimmt einen mehrere 1000mal größern Raum ein, als das Pulver, und treibt dadurch das Geschoß mit so großer Gewalt fort. Bei der Schießbaumwolle ist der Vorgang ein ähnlicher, da die Baumwolle wie jede Pflanze viel Kohlenstoff enthält, also die Kohle vertritt, und durch Eintauchen in Salpetersäure ihre Zubereitung erhalten hat.

2) Die Salzsäure (1 Mischungsgewicht Wasserstoff und 1 Mischungsgewicht Chlor mit mehr oder weniger Wasser) ist farblos, raucht an der Luft, wird durch organischen Staub leicht gelb und erregt auf unserer Haut eine stechende Empfindung. 2 Salzsäure und 1 Salpetersäure geben das Königswasser, in welchem sich auch Gold und Platina auflösen.

3) Schwefelige Säure (1 Mischungsgewicht Schwefel und 1 Mischungsgewicht Sauerstoff) ist das erstickende Gas, welches sich beim Verbrennen des Schwefels erzeugt. Sie wird vom

Wasser verschluckt, ist farblos und bleicht organische Substanzen (z. B. Knochen, Stroh ꝛc.).

4) Schwefelsäure (1 Mischungsgewicht Schwefel und 3 Mischungsgewichte Sauerstoff). Es gibt zwei Arten:

a) die rauchende oder Nordhäuser Schwefelsäure, welche dunkelbraun ist, an der Luft raucht und weniger Wasser enthält;

b) die concentrirte oder englische Schwefelsäure, welche farblos oder bräunlich ist, mehr Wasser enthält, und als die wohlfeilere fast ausschließlich Anwendung in den Gewerben findet.

Beide Arten ziehen Wasser aus der Luft an und erhitzen sich beim Vermischen mit Wasser stark. Man muß daher immer die Säure nach und nach zum Wasser gießen, nicht umgekehrt.

5) Die Hydrothionsäure (1 Mischungsgewicht Wasserstoff und 1 Mischungsgewicht Schwefel) ist ein farbloses, stark nach faulen Eiern riechendes Gas, welches mit blauer Flamme brennt. Da es vom Wasser verschluckt wird, findet man es auch in den Schwefelquellen. Die meisten Metalle werden von diesem Gase geschwärzt.

§. 14. Gährung.

Wenn man zuckerhaltige vegetabilische Körper (Malz, Korn, Obst, Weinbeeren ꝛc.) mit Wasser übergießt, und bei gehöriger Wärme unter Zutritt der Luft ruhig stehen läßt, so trübt sich die Flüssigkeit nach einiger Zeit, es entwickelt sich kohlensaures Gas und auf der Oberfläche sammelt sich Schaum. Sobald aber dieser sich wieder verliert und die Entwickelung des kohlensauren Gases aufhört, wird die Flüssigkeit klar, erhält weinartigen Geschmack und Geruch, sowie berauschende Kraft. In diesem Zustande heißt die Flüssigkeit Wein im chemischen Sinne, (Wein, Obstwein, Bier, Branntwein), und der ganze Vorgang heißt Weingährung oder geistige Gährung. — Bei größerer Wärme und Zutritt der Luft verliert der Wein die angeführten Eigenschaften, überzieht sich mit Schimmel und erhält einen sauern Geschmack. Er hat nun mehr Sauerstoff und heißt Essig, und diese zweite Stufe der Gährung heißt saure oder Essiggährung. Bei fernerem freien Zutritt der Luft entwickeln sich aus der Flüssigkeit Stickgas, kohlensaures Gas, Koh-

len-, Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas ꝛc., sie bekommt einen eckelhaften Geschmack und Geruch, zuletzt bleibt nur Moder zurück. Diese dritte Stufe heißt die faule Gährung, Fäulniß, Verwesung. Die stickstoffhaltigen thierischen Körper unterliegen nur dieser dritten Gährungsstufe.

Körper, welche selbst der Gährung unfähig sind, verhindern dieselbe auch an andern Körpern, wenn sie dieselben umgeben. Solche sind: Weingeist, in welchem man viele Gegenstände in Naturalienkabinetten aufbewahrt, Wachs, Kampfer, Schwefelsäure (daher das Abschwefeln der Weine), Essigsäure, Salze, wie Salpeter und Kochsalz (mit welchen man Fleisch einreibt). Wein und Bier wird in Flaschen zugepfropft und in kühlen Kellern aufbewahrt, weil Abhaltung von Luft im Verein mit Kälte und Trockenheit ein gutes Mittel gegen Gährung ist. — Der Teig hingegen soll in die geistige Gährung kommen, deßwegen versetzt man ihn mit Hefe oder Sauerteig (Fermenten oder Gährungsmitteln), darf ihn aber nicht zu lange „gehen" lassen, weil sonst die geistige in die saure Gährung übergehen würde.

Dritter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der festen Körper.

§. 1. Bewegung.

Jede Veränderung des Ortes, welchen ein Körper einnimmt, nennen wir Bewegung; den Mangel an Bewegung Ruhe. Bewegung und Ruhe setzen eine Kraft voraus, welche auf den Körper gewirkt hat. Mit den Gesetzen der Bewegung und den Wirkungen der bewegenden Kräfte beschäftigt sich die Mechanik. Die Kräfte, welche eine Bewegung erzeugen, wirken auf den Körper entweder nur einmal, oder sie wiederholen sich beständig. Im ersten Falle geht der Körper vermöge seiner Trägheit in gerader Richtung so fort, daß er in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft; im letzten Falle ist seine Bewegung zusammengesetzt: gerad-

linig, krummlinig; verzögert, beschleunigt. Einen je größeren Raum ein Körper in einem gewissen Zeittheile zurücklegt, desto größer ist seine Geschwindigkeit. In einer Sekunde durchlaufen folgende Dinge die beigesetzten Räume: eine Schnecke $^1/_{200}$', ein Fußgänger 5', der mäßige Wind 10', schnellsegelnde Schiffe 14', Dampfschiffe 15', Lokomotive auf Eisenbahnen 30', englische Rennpferde 40 — 70', der Sturm 50', ein Adler 95', eine Brieftaube 110', ein Orkan 80 — 120', der Schall 1050', eine Büchsenkugel höchstens 1500', eine 24pfündige Kanonenkugel 2300', — die Erde $3^2/_3$ Meilen, das Licht 41200 Meilen.

Die bedeutende Gewalt einer Kanonenkugel kommt von ihrer Geschwindigkeit her; daß ein abgeschossenes Talglicht ein Fell durchlöchert, ist ebenfalls Folge der Geschwindigkeit; die Gewalt der Eisdecke eines Stromes rührt von ihrer Masse her. Der Stoß, den ein bewegter Körper ausübt, hängt also von seiner Geschwindigkeit und von seiner Masse ab.

Wirken mehrere bewegende Kräfte auf einen Körper, so sind folgende drei Fälle zu unterscheiden:

a) die Kräfte wirken nach einer und derselben Richtung. Die Schnelligkeit entspricht dann offenbar der Summe beider Kräfte.

b) Die Kräfte sind entgegengesetzt, und zwar

aa) einander gleich — dann heben sie sich auf, wie wir dies bei Balkengefügen sehen, wo entgegengesetzte schiefe Balken den mittlern geraden befestigen;

bb) ungleich — dann nimmt die geringere Kraft der größern so viel an Wirkung, als jene beträgt.

c) Die Kräfte wirken unter einem Winkel — dann geht der bewegte Körper in mittlerer Richtung fort, wie wir dies an einem Kahn sehen, der an beiden Ufern mittelst Seilen stromaufwärts gezogen wird; ferner an einem quer über den Fluß segelnden Fahrzeuge; an einem vom Mastbaume eines segelnden Schiffes herabfallenden Gegenstande, am schief herabfallenden Regen, an einer bei windigem Wetter abgeschossenen Kugel, an vielen Künsten der Seiltänzer und sogenannten englischen Reiter. Dies veranschaulicht Figur 1. Der Körper a

würde durch die bewegende Kraft b allein nach c getrieben, durch die bewegende Kraft d nach e; da aber beide zugleich wirken, so nimmt a die mittlere Richtung und gelangt nach f.

§. 2. Trägheit.

Ein Fuhrwerk in Bewegung zu setzen, fordert zuerst eine große Kraft; ist es aber einmal geschehen, so ist dasselbe mit verhältnißmäßiger Leichtigkeit weiter zu bringen, so daß wieder Kraftaufwand dazu gehört, um es anzuhalten. Wer in starkem Laufe ist (besonders bergab), kann gewöhnlich nicht plötzlich halten. Wir erkennen daraus: Wenn ein Körper in Bewegung ist, bleibt er so lange in Bewegung, bis eine Kraft oder ein Widerstand sie aufhebt; — ist ein Körper in Ruhe, so beharrt er in dieser Ruhe, bis ihn eine Kraft in Bewegung setzt. Dieß ist das Gesetz der Trägheit. — Vergleichen wir die Bewegung eines und desselben Körpers auf einer Eisfläche, auf einer Eisenbahn, auf der gewöhnlichen Landstraße; ferner in der Luft und im luftleeren Raume: — so wird es uns klar, daß die wichtigsten Widerstandsursachen der Bewegung der Druck der Luft und die Unebenheit der Fläche ist, auf welcher sich ein Körper bewegt.

Der frei gehaltene obere Theil unseres Körpers schwankt rückwärts, wenn der Wagen, in welchem wir sitzen, schnell fortgezogen wird; vorwärts, wenn derselbe plötzlich hält. Auf Schiffen ereignet sich das Nämliche. Reiter können über den Hals ihres Pferdes geschleudert werden, oder fallen hinter das Pferd, je nachdem dieses plötzlich still steht, oder sich unerwartet in Lauf setzt. Aus einer Säule von Damensteinen mit ebenen Flächen kann man einen Stein herausschlagen, ohne daß die Säule einstürzt. Legt man eine Münze auf ein Kartenblatt, mit dem man ein Trinkglas bedeckt hat, und schnellt das Kartenblatt rasch bei Seite, so fällt die Münze ins Glas. Der Stiel einer kölnischen Pfeife, der auf zwei gespannten Haaren ruht, kann zerschlagen werden, ohne daß die Haare reißen. Von einer kölnischen Pfeife trennt sich der Kopf, wenn man der Länge nach auf's Rohr schlägt. Den Hammer macht man am Stiele fest, indem man auf das freie Ende des

letzteren schlägt. Eine abgeschossene Flintenkugel macht in eine Fensterscheibe ein Loch, aber keine weiteren Sprünge. Der Maurer zerschlägt Steine auf der platten Hand, ohne sich wehe zu thun. — Alle diese Erscheinungen und Versuche lehren, daß sich Ruhe und Bewegung nicht allen Theilen eines Körpers zugleich mittheilt.

§. 3. Der Hebel.

Denkt man sich eine gerade, in ihrer Mitte unterstützte Linie an ihren beiden Endpunkten von zwei gleichen, aber in der dem Unterstützungspunkte entgegengesetzten Richtung wirkenden Kräften angegriffen, so werden beide Kräfte sich in ihren Wirkungen aufheben. Hierauf beruht die Einrichtung der gewöhnlichen Wage.

Sind die beiden bewegenden Kräfte ungleich, so wird sich die Linie in der Richtung der größern bewegen müßen. Ist die Linie in einem andern, als im Mittelpunkte unterstützt, so wird sie sich bei gleichen Kräften auf die längere Seite neigen.

Jede unbiegsame Linie, die bloß in einem Punkte unterstützt ist und sich um denselben drehen kann, heißt Hebel. Ein Hebel, bei dem der Unterstützungspunkt zwischen den Angriffspunkten liegt, heißt zweiarmig (Fig. 2). Befindet sich dagegen der Unterstützungspunkt an dem einen Ende des Hebels und die beiden Angriffspunkte auf einer und derselben Seite vom Unterstützungspunkt, so heißt der Hebel einarmig (Fig. 3). (In Fig. 2 und 3 ist der Unterstützungspunkt in e, die beiden Angriffspunkte sind a und b, Kraft und Last c und d). Ist der unterstützte Punkt des zweiarmigen Hebels gerade in der Mitte, so heißt der Hebel gleicharmig; im entgegengesetzten Falle ungleicharmig. Ein doppelt so langer Hebelarm braucht bloß die Hälfte der Kraft oder des Gewichts, um dem andern Arme von einfacher Länge das Gleichgewicht zu halten; ein Arm von 3facher Länge braucht bloß den dritten Theil u. s. w. Dadurch erhalten wir im Hebel ein vortreffliches Mittel zum Heben und Bewegen von Lasten u. dgl., und die einfachsten Anwendungen des ungleicharmigen Hebels sehen wir außer der Kaufmannswage beim Heben und Fortschaffen von

Steinen, Balken rc. durch theilweise darunter geschobene Stangen, beim Brecheisen, beim Steuerruder, bei der Tragbahre, bei den Stangen an porte-chaise, bei der Zange, bei der Scheere, bei den Tasten des Claviers, beim Schaukelbrett, beim Tragen zweier Lasten mittelst eines über der Schulter ruhenden Stabes, bei den Klappen der Blasinstrumente, beim Pumpenschwengel. Die gewöhnlichsten Anwendungen des einarmigen Hebels sind: der Schlüssel, der Bohrer, der Nußknacker, das Ruder, das Schneidmesser, der zweirädrige Wagen, der Schubkarren, die in der Angel bewegte Thüre, die Feuerzange, — Schreibfedern, Reißfedern, Bleistifte und Pinsel, so wie alle Glieder des thierischen Körpers, welche durch Muskeln bewegt werden, besonders der menschliche Arm. Ein Kind kann mit einem Manne eine bedeutende Last tragen, wenn die Last an einer Stange hängt und der Mann der Last bedeutend näher ist, als das Kind.

Ein ungleicharmiger Hebel von bedeutender Wirkung und großem Nutzen ist die Schnellwage oder römische Wage. Die Wagschale ruht bei dieser in einer unveränderlichen Entfernung vom Unterstützungspunkte. Ein verschiebbares Gewicht am längern Arme, der Laufer, bestimmt durch seine größere oder geringere Entfernung vom Unterstützungspunkte die Größe der Last.

Von besonderer Art sind die Zeigerwagen, welche aus einem ungleichseitigen Winkelhebel bestehen, der um seinen Scheitel drehbar ist und durch die Neigung des längeren Schenkels das Gewicht anzeigt, welches an dem kürzeren Schenkel hängt. — Ein ähnlicher Winkelhebel ist die Thürklinke, das Klinkelgerüste, der Hammer beim Herausziehen eines Nagels.

§. 4. Die Rolle.

Die unbewegliche Rolle (Fig. 4) ist eine um ihren Mittel- und Unterstützungspunkt (b) bewegliche, aber ihren Ort nicht verändernde Scheibe mit rinnenförmig ausgehöhltem Rande, in welchem ein Seil rc. läuft, an dessen beiden Enden Kraft (c) und Last (d) angebracht sind. Sie wirkt ganz wie ein zweiarmiger Hebel. Ihr Zweck ist nicht Kraftersparniß, sondern Bequemlichkeit im Ziehen.

Denkt man sich statt der Rolle einen Cylinder (Wellbaum) und diesen so mit einem Rade verbunden, daß die Achse des Cylinders durch den Mittelpunkt des Rades geht, so hat man das Rad an der Welle. Die Last hängt an einem Seile, welches sich um die Welle windet; die Kraft wirkt am Umfange des Rades. Liegt die Welle horizontal, so daß also das Rad senkrecht steht, so heißt diese Vorrichtung Haspel; findet das Umgekehrte statt, so heißt sie Erdwinde.

Verbindet man (Fig. 5) eine unbewegliche (e) mit einer beweglichen Rolle (b), so wird die Last (c) schon durch halb so viel Kraft (d) im Gleichgewichte erhalten. Es trägt nämlich das Seil a b die Hälfte der Last, das Seil b e die andere Hälfte; es ist daher in d nur eine geringe Zulage zur Hälfte der Last c erforderlich, um diese zu heben.

Noch bedeutender ist die Kraftersparniß, wenn man mehrere Rollen in einen Flaschenzug vereinigt. In Fig. 6 ist die Rolle f unbeweglich, alle übrigen sind beweglich. Hängt in a ein Gewicht von 3 ℔, so trägt das Seil b 6 ℔, nämlich 3 ℔ auf jeder Seite; das Seil c 12 ℔, das Seil d 24 ℔; es halten also 3 ℔ in a den 24 ℔ in e das Gleichgewicht. („Potenzenflaschenzug“). Es ist einleuchtend, daß man die Kraft, welche die Last im Gleichgewicht hält, findet, wenn man die Last so oft mit 2 dividirt, als bewegliche Rollen vorhanden sind.

In Fig. 7 sind die in der obern Hülse („Kloben“) befindlichen Rollen unbeweglich, die in der untern beweglich. Seil a trägt ein Viertel der Last, b das zweite, c das dritte, d das vierte Viertel. In e kann man daher mit 1 ℔ den 4 ℔ in f das Gleichgewicht halten. („Gemeiner Flaschenzug“). Man findet die Kraft, wenn man die Last mit der doppelten Anzahl der beweglichen Rollen dividirt.

Die nämliche Kraftersparniß wird erzielt, wenn man (Fig. 8) die beweglichen Rollen in das Gehäuse a, die unbeweglichen in das Gehäuse b einschließt. 600 ℔ in c werden durch 100 in d im Gleichgewichte gehalten.

§. 5. Der Schwerpunkt.

Wie beim gleicharmigen Hebel, so läßt sich bei jedem Körper ein Punkt denken, welcher das ganze Gewicht des Körpers trägt, wenn er unterstützt wird. Dieser Punkt, in welchem die ganze Last des Körpers vereinigt scheint, heißt der Schwerpunkt. Der Schwerpunkt eines Körpers wird gefunden, wenn man denselben nach einander an zwei verschiedenen Seiten frei aufhängt und jedesmal vom Aufhängungspunkte eine senkrechte Linie durch den Körper zieht; wo beide Linien einander treffen, da ist der Schwerpunkt. — Nur bei solchen Körpern, die überall gleiche Dichtigkeit besitzen, fällt der Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte zusammen. Bei Ringen, Reifen, hohlen Cylindern ꝛc. liegt er in der Regel nicht im Körper selbst, sondern in dem Raume, den der Körper umschließt. Ist die Anordnung der Theile eines Körpers — wie bei Menschen und Thieren, wenn sie sich bewegen, — veränderlich, so beharrt auch der Schwerpunkt nicht auf einerlei Stelle. Das Gehen ist nichts anderes, als ein abwechselndes Verrücken und Wiederunterstützen des Schwerpunktes, der beim Menschen in die Mitte zwischen beide Hüftknochen fällt. Wer auf einem Stuhle zurückgelehnt sitzt, kann nicht aufstehen, ohne den Körper vorwärts zu biegen, um den Schwerpunkt über die Füße hinaus zu verlegen. Wer eine Last auf dem Rücken trägt, oder bergan steigt, neigt aus dem nämlichen Grunde den Körper vorwärts. Wer in der rechten Hand eine Last trägt, neigt den Körper auf die linke Seite. Auf Stelzen kann man nicht stehen, weil der Schwerpunkt nicht bleibend unterstützt ist. Der Schwerpunkt darf bei einem Körper, welcher leicht beweglich sein soll, nicht in der obern Hälfte liegen: dies erkennt man am Stehaufmännchen, an den falschen Würfeln, am Aufwärtsrollen eines Cylinders, der auf einer seiner innern Seiten mit Blei beschwert ist; und es wird immer beobachtet beim Beladen der Wägen und der Schiffe. Wenn die Kutsche beim Fahren umzuwerfen droht, ist es sehr unklug, aufzustehen, denn durch das Aufstehen wird der Schwerpunkt gehoben; ein Körper steht aber um so fester, je tiefer der Schwerpunkt liegt und je breiter die Unterstützungsfläche ist. Von letzterem sehen wir die Bestätigung

in der Stellung der Seeleute und der Fechter mit ausgespreizten Beinen und im Sägmännchen. — Der 300′ hohe Thurm zu Pisa hängt 12′ über, der 130′ hohe zu Bologna liegt 9′ über, und doch stehen beide fest. — Das Balanciren der Seiltänzer, viele Künste der englischen Reiter beruhen nur auf der Sicherheit, den Schwerpunkt des eigenen Körpers nie zu verlieren. — Ein Körper wird am leichtesten getragen, wenn man ihn gerade unter- oder oberhalb des Schwerpunktes faßt.

Wie kann man einen Menschen stellen, daß er nicht auf einem Beine stehen kann? wie, daß er mit seinen Händen etwas auf dem Boden Liegendes nicht aufheben kann? wie muß man ihn setzen, daß er nicht aufstehen kann?

§. 6. Die schiefe Ebene.

Legt man auf einen Wagen von 3′ Höhe zwei mit einander durch ein Querholz verbundene Stäbe von 12′ Länge (d. h. 4mal so lang), so kann man eine Last von 8, 12, 16 Centnern mit 2, 3, 4 Centnern ins Gleichgewicht bringen, und eine Last, welche 4 gleich starke Männer auf den Wagen zu heben im Stande sind, kann auf diese Weise schon einer hinaufrollen oder schieben. Dies ist die alltägliche Anwendung der schiefen Ebene, bei welcher man immer das so Vielfache an Kraft erspart, um so vielmal die Länge derselben ihre senkrechte Höhe übertrifft. — So kann man auf einem kegelförmigen Berge einen Wagen durch einen andern ziehen lassen; wie müßte man dieses einrichten? —

Der Keil ist gewöhnlich aus zwei schiefen Ebenen zusammengesetzt und dringt daher leicht in verschiedene Körper ein. Man braucht ihn zum Spalten der Körper, um Körper an einander zu drücken, zum Feststellen, zum Pressen, zum Heben. Als Abänderungen des Keils können betrachtet werden: Messer, Aexte, Degen, Meisel, Scheeren, Pflugscharen, Nägel, Nadeln, Spieße, ja selbst unsere Schneidezähne.

Die Schraube ist eine um einen Cylinder gewundene schiefe Ebene. Die Hervorragungen heißen Schraubengänge. Diese passen in die Vertiefungen der Schraubenmutter. Wird die Schrauben-

spindel, während die Schraubenmutter fest ist, aufwärts gedreht, so kann dadurch eine daran hängende Last mit weit weniger Kraftaufwand gehoben werden, als unmittelbar. Ebenso übt die Schraube einen großen Druck aus bei nur mäßigem Kraftaufwand, wie das die Buchbinderpresse, die Wein- und Oelpresse u. dgl. zeigt.

Eine Schraube ohne Cylinder ist der Pfropfzieher, der außer der schiefen Ebene noch die allmählige Verdickung des Stoffes und die allmählige Erweiterung der Gänge als mechanischen Vortheil bietet.

§. 7. Anziehungskraft. Gravitation. Schwere.

Jeder Körper drückt auf seine Unterlage, oder fällt, wenn diese weggenommen wird, zur Erde. Die Richtung, in welcher er ungehindert fällt, ist immer senkrecht (lothrecht, vertikal). Die Ursache davon ist keine andere, als daß die Erde, der größere Körper, jeden auf ihr befindlichen (kleinern) Körper anzieht. So ziehen alle wägbaren Dinge einander an, und je größer die Masse eines Körpers ist, desto bedeutender ist seine Anziehungskraft. Sie geht nicht bloß von der Oberfläche des Körpers aus, sondern von der Gesammtheit aller seiner Theilchen. Da nun z. B. ein Stück Blei 12mal so viel Materie enthält, als ein gleich großes Stück Kork, so werden auch ein Stück Blei von beliebiger Größe und ein 12mal so großes Stück Kork einander in gleichem Maaße anziehen und von der Erde mit gleicher Gewalt angezogen werden.

Je weiter zwei Körper von einander entfernt sind, desto mehr nimmt ihre gegenseitige Anziehungskraft ab, und zwar so, daß bei

2, 3, 4, 5-facher Entfernung die Anziehung um das
4, 9, 16, 25-fache schwächer ist; d. h.

die Anziehung nimmt ab im Quadrate der Entfernung. Dieses Gesetz heißt das Gravitationsgesetz, und wurde von Newton entdeckt. Der Mond ist 54000 Meilen von der Erde entfernt, oder ohngefähr 60 Erdhalbmesser; also ist die Anziehungskraft, welche die Erde auf den Mond ausübt, $\frac{1}{60} \times \frac{1}{60} = \frac{1}{3600}$ der Anziehung, welche sie auf dieselbe Masse von ihrer eigenen Fläche ausüben würde.

Wäre die Erde vollkommen rund, so wäre die Anziehung auf allen Punkten gleich. Da aber die Oberfläche des Poles dem Mittelpunkte der Erde etwa um 7 Meilen näher ist, als ihre Oberfläche am Aequator, so wird die Anziehung auch um so schwächer sein, je mehr wir uns dem Aequator nähern. Deßhalb wiegt ein Körper, der (auf der Federwage) bei uns ein Pfund wiegt, in Grönland mehr, in Senegambien weniger. Welchen Einfluß zugleich die Unebenheiten des Erdballes haben, erkennt man aus der Berechnung, daß eine 2000pfündige Kugel auf der Spitze des Dhawalaghiri um 1 ℔ leichter wäre, als an dessen Fuße.

An ein und demselben Orte hingegen werden alle Körper mit gleicher Gewalt von der Erde angezogen, sind gleich schwer; denn unter Schwere versteht man nur die Anziehungskraft der Erde. Der Druck hingegen, den ein Körper auf einen andern ausübt, welcher ihn vollkommen unterstützt, heißt sein Gewicht. Da alle Theile eines Körpers gleiches Bestreben haben, zu fallen, so muß das Gewicht mit der Menge der Theile zunehmen. Wenn also zwei Körper gleiches Gewicht haben, so enthalten sie auch eine gleiche Menge körperlicher Theile oder gleiche Massen.

§. 8. Der freie Fall.

Da sich die Anziehung der Erde gegen einen fallenden Körper in jedem Augenblicke wiederholt, so muß die Bewegung desselben eine fortwährend beschleunigte sein. Man hat beobachtet, daß ein Körper in der ersten Secunde ohngefähr 15′ fällt. Da nun der Körper durch 15′ gefallen ist und durch die Anziehung der Erde zugleich wieder um 15′ fallen müßte, so ist seine Geschwindigkeit am Ende der ersten Sekunde = 30′; da aber während der 2ten Sekunde die Erdschwere fortwirkt und ihn durch weitere 15′ treibt, so fällt er in der zweiten Secunde durch einen weitern Raum von 45′; in der ersten und 2ten Secunde zusammen also durch 60′. Am Ende der 2ten Secunde ist nun die Geschwindigkeit des Körpers 60′; er würde also am Ende der 3ten Secunde im Ganzen 120′ gefallen sein, wenn nicht die Erdschwere wieder ihn um 15′ weiter getrieben hätte; er hat also am Ende der 3ten Secunde

einen Raum von 135′ durchfallen, in der 3ten Secunde allein aber 60 + 15 = 75′. Daraus wird klar, daß ein Körper in

1 Secunde fällt durch 1 × 15′ = 15′
2 Secunden „ „ 2 × 2 × 15 = 60′
3 Secunden „ „ 3 × 3 × 15 = 135′
4 Secunden „ „ 4 × 4 × 15 = 240′ u. s w.

Hingegen fällt ein Körper

in der 1ten Secunde durch 1 × 15 = 15′
„ „ 2ten „ „ [(2 × 2) ÷ 1 = 3] × 15 = 45′
„ „ 3ten „ „ [(3 × 2) ÷ 1 = 5] × 15 = 75′
„ „ 4ten „ „ [(4 × 2) ÷ 1 = 7] × 15 = 105′ ꝛc.

daraus sind folgende zwei Hauptsätze des freien Falles klar:

1) die Fallhöhen nehmen zu, wie die Quadrate der Zeiten; d. h. man muß die Anzahl der Secunden mit sich selbst, und dieses Produkt mit 15′ multipliciren, um zu erfahren, wie tief ein Körper in einer bestimmten Zeit fällt.
2) Die Fallräume der einzelnen Secunden nehmen zu wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5 u. s. f., und man findet die treffende ungerade Zahl, indem man die Anzahl der Secunden mit 2 multiplicirt und 1 davon subtrahirt. Der Fallraum der verlangten Secunde ergibt sich dann, wenn man die so gefundene Zahl mit 15′ multiplicirt.

Galiläi (1564 — 1642) fand diese Gesetze, indem er Körper von großen Höhen herabfallen ließ. Durch Hülfe der Atwood'schen Fallmaschine ist man der Beobachtung des Falles von großen Höhen überhoben.

§. 9. Der Wurf.

Wenn ein Körper in horizontaler Richtung abgeschossen wird, so behält er diese Richtung nicht bei, weil die Erdschwere ihn beständig anzieht; er beschreibt also nach dem §. 1 c dieses Abschnittes entwickelten Gesetze eine krumme Linie, welche man Parabel nennt. Deßwegen werden alle Schießwaffen höher gerichtet, als der Körper steht, welchen sie treffen sollen. Die nämliche krumme Linie macht ein schräg in die Höhe geworfener Körper.

Wenn aber ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen wird, so muß seine Geschwindigkeit eben so abnehmen, wie die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers zunimmt. Er kann daher nicht immer fort steigen und braucht eben so viel Zeit zum Steigen, als zum nachherigen Fallen. Die Geschwindigkeit, welche er in der ersten Secunde des Steigens hat, wird er wieder in der letzten Secunde des Fallens haben. Ein solcher Körper, der 6 Secunden lang aus war, ist daher 3 Secunden lang gestiegen, 3 Secunden lang gefallen und $3 \times 3 \times 15 = 135'$ hoch gekommen. Es leuchtet ein, daß ein Körper um so höher steigt, je größer seine Geschwindigkeit in der ersten Secunde ist. Eine Kanonenkugel, welche in der ersten Secunde 1600′ hoch steigt, stiege ungefähr 53 Secunden lang, erreichte somit eine Höhe von $53 \times 53 \times 15 = 42135'$, wenn die Luft keinen Widerstand leisten würde.

Ein Körper, welcher von der Erde wegfliegen sollte, müßte in der ersten Secunde 35000′ hoch steigen. Da es aber keine Kraft gibt, welche einen Körper mit solcher Kraft in die Höhe wirft, so kann auch kein Körper von der Erde wegfliegen. — Da die Masse des Mondes nur etwa $1^1/_2$ Procent von der Masse der Erde ist, so ist auch die Anziehung des Mondes gegen die Dinge auf ihm nur $1^1/_2$ Procent der Erdanziehung. Da ferner der Mond keinen Luftkreis oder nur einen sehr lockern hat, so tritt einem steigenden Körper dort weit weniger Hinderniß entgegen, als auf der Erde. Die Gleichgewichtsgrenze zwischen Erde und Mond liegt dem Monde weit näher, als der Erde, so daß ein Körper dort viel früher über diese Grenze hinauskommt, als auf der Erde. Ein vom Monde in der Richtung gegen die Erde steigender Körper wird in jedem Augenblicke mehr von der Erde und weniger vom Monde angezogen. Ein Körper, der vom Monde wegfliegen sollte, müßte (nach Biot's Berechnungen) in der ersten Secunde nicht ganz 7800′ hoch steigen — eine Geschwindigkeit, die etwa 5mal so groß ist, als die einer 24pfündigen Kanonenkugel und die von der Wurfkraft unserer Vulkane übertroffen wird. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die **Meteorsteine**, welche von Zeit zu Zeit auf die Erde fallen, durch

vulkanische Eruption aus dem Monde kommen. Sie bestehen alle hauptsächlich aus Eisen, und die Feuererscheinung, welche vor ihrem Falle bemerkt wird, entspringt wohl aus der Zusammendrückung der Luft in Folge der außerordentlichen Geschwindigkeit, mit welcher der Meteorstein in unsere Atmosphäre eindringt.

§. 10. Das Pendel.

Ein Körper muß in Bewegung gerathen, wenn er so aufgehängt wird, daß sein Schwerpunkt nicht senkrecht unter dem Aufhängungspunkte liegt. Dieß läßt sich am besten am Pendel beobachten. Pendel nennt man jeden freihängenden Körper, welcher sich hin und her schwingen kann, wenn er in Bewegung gesetzt wird. — Wenn die Pendelschwingungen 2, 3, 4, 5mal länger dauern sollen, so muß das Pendel 4, 9, 16, 25mal so lang sein. Je länger aber eine Schwingung dauert, desto weniger Schwingungen gehen auf eine gewisse Zeit. — Gesetz: Die Pendellängen verhalten sich wie die Quadrate der Schwingungszeiten, und umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszahlen. Zu einer größeren Schwingung braucht das nämliche Pendel eben so viel Zeit, wie zu einer kleinen.

Die Anwendung des Pendels zur Regulirung der Uhren lehrte zuerst Huyghens, ein Holländer, in der Mitte des 17. Jahrhunderts. (Sonnen-, Sand-, Wasseruhren.)

Die Pendelschwingungen werden verändert durch Ab- oder Zunahme der Anziehungskraft der Erde. Da der Aequator weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, als die Pole, so ist dort die Anziehungskraft schwächer, das Pendel schwingt langsamer und muß, um die gleichen Schwingungen, wie an einem andern Orte zu machen, verkürzt werden. An den Polen verhält sich's umgekehrt (Astronom Richer 1672 in Cayenne). Eben so schwingen Pendel auf hohen Bergen langsamer, als am Meere, und an Pendeluhren, welche vom Gebirge in die Ebene herabgebracht werden, muß das Pendel verlängert werden. Ein Secundenpendel für unsere Gegenden hat ungefähr 3′ 2″. Da die Wärme alle Körper ausdehnt, so werden auch die Pendelstangen durch sie verlängert,

schwingen daher nicht zu aller Zeit mit gleicher Geschwindigkeit, wenn die Einwirkung der Temperatur nicht aufgehoben wird. Dies geschieht durch die Compensationspendel (Fig. 9), welche gewöhnlich aus Stahl- und Zinkstäben zusammengesetzt sind. Da sich diese letzteren (m n und x y) 2mal so stark ausdehnen, als die ersteren (a b und c d), so wird bei gehörigem Verhältniß der Stäbe die Linse q durch die Zinkstangen eben so viel gehoben, als sie durch die stählernen sinken würde.

Wenn man einen Stab von durchgehends gleicher Dicke in Schwingungen versetzt, so zeigt sich, daß seine Schwingungen bedeutend schneller sind, als die eines Pendels von gleicher Länge, daß sie aber mit einem Pendel übereinstimmen, welches $^2/_3$ so lang ist, als der Stab. Man nimmt daher den Punkt, der $^1/_3$ von seinem Ende liegt, den Schwingungspunkt desselben. Ist der Stab nicht durchgehends von gleicher Dicke, so fällt auch der Schwingungspunkt an eine andere Stelle, nämlich weiter hinunter, wenn der Stab unten dicker ist; weiter hinauf, wenn der Stab unten dünner wird. Dieser Punkt ist deßwegen bemerkenswerth, weil in ihm die Wirksamkeit am größten ist; so ist ein Hieb mit dem Schwerte oder Säbel am kräftigsten, wenn man den zu treffenden Körper mit dem Schwingungspunkte trifft. Eben deßwegen ist der Glockenschwengel unten bedeutend dicker, damit der Schwingungspunkt an den Glockenmantel anschlage.

Bei der Glocke muß außerdem noch die Aufhängung des Schwengels so geschehen, daß er nicht gleichzeitige Schwingungen mit dem Mantel mache. Findet bei einer Glocke der Fehler statt, daß sie nicht läutet, so ist leicht dadurch abzuhelfen, daß man dem Schwengel eine andre Gestalt gibt, wodurch sein Schwingungspunkt verlegt wird.

§. 11. Die Centralbewegung.

Diejenige Kraft, welche einen Körper nach einem Mittelpunkte ununterbrochen hintreibt, heißt Centripetalkraft (Ziehkraft). Die Kraft, welche ihn vom Mittelpunkte entfernen will, heißt Centrifugalkraft (Fliehkraft). Beide sind immer mit einander

thätig und bewirken die Centralbewegung, auf welcher die Bewegung der Planeten um die Sonne und des Mondes um die Planeten beruht.

Aus der Fliehkraft erklärt sich die Abplattung der Erde, die größere Wirkung eines Hammers mit sehr langem Stiele, das Spritzen nasser Räder, die Wirkung der Schleuder.

§. 12. Der Stoß.

Da die Wirkung eines stoßenden Körpers (nach §. 1 dieses Abschn.) von seiner Masse und seiner Geschwindigkeit abhängt, so kann man dieselbe durch das Product aus Masse und Geschwindigkeit ausdrücken. Ein 4 ℔ schwerer Körper von einer Geschwindigkeit = 6 — wirkt eben so viel, als ein 3 ℔ schwerer Körper von einer Geschwindigkeit = 8. Treffen also zwei bewegte, harte Körper dieser Art in gerader Linie auf einander, so setzen sie sich beide gegenseitig in Ruhe. — Sind die erwähnten Producte ungleich, so werden beide in der Richtung des Körpers, bei dem das größere Product stattfindet, sich fortbewegen, aber mit verminderter Geschwindigkeit. Wird ein langsamer sich bewegender Körper von einem schnelleren von gleicher Masse eingeholt, so theilt dieser jenem von seiner größeren Geschwindigkeit so lange mit, bis beide gleich viel haben und in der gemeinschaftlichen Richtung mit der halben Summe ihrer Geschwindigkeit fortgehen. Stößt ein bewegter Körper auf einen ruhenden, so bewegen sich beide in der Richtung des stoßenden mit der halben Geschwindigkeit weiter.

Wenn zwei elastische Körper gegen einander stoßen, so werden die sich berührenden Theile zusammengepreßt, springen aber in dem nämlichen Augenblicke, in welchem die stoßende Gewalt aufhört, in ihre vorige Lage zurück und ertheilen dadurch jedem von beiden Körpern einen Stoß, welcher seiner vorigen Bewegung gerade entgegengesetzt ist.

Wenn ein vollkommen fester Körper senkrecht gegen eine feste Ebene stößt, so wird seine Bewegung durch den Widerstand völlig aufgehoben; ein vollkommen elastischer Körper muß aber mit derselben Gewalt zurückspringen, mit der er sich vorher bewegte.

Der Winkel, unter dem ein bewegter elastischer Körper von einer unbeweglichen, harten oder elastischen, Ebene zurückspringt, ist eben so groß, als der, unter dem er sie trifft. — — Ballspiel. Billard.

Wird ein Kugelapparat (Fig. 10), in welchem sämmtliche Kugeln an feinen Fäden so hängen, daß sie sich leise berühren, die Kugel a von b entfernt und sodann gegen b wieder angestoßen, so entfernt sich die Kugel i eben so weit von h, als a von b entfernt war, während die übrigen Kugeln ruhig bleiben. Entfernt man a und b, so fliegen nach deren Zurückschnellung an c — h und i auf der entgegengesetzten Seite weg: — überhaupt so viel Kugeln auf der einen Seite anprallen, prallen auf der andern ab. — Hingen bloß die Kugeln a und b im Apparate, und hätte a die doppelte Größe von b, so würde, wenn jene auf diese stieße, b den doppelten Weg von a beschreiben. Denken wir uns 10 Kugeln im Apparate, von denen jede folgende die doppelte Größe der vorigen hätte, so müßte die kleinste einen Weg von 1024 Fuß zurücklegen, wenn die größte einen Weg von 2 Fuß macht.

§. 13. Hindernisse der Bewegung.

Denkt man sich die nämliche Masse Eisen zuerst als Platte, dann als Cylinder, dann als Kugel, so wird im ersten Fall eine Fläche, im zweiten eine Linie, im dritten ein Punkt die Unterlage berühren; die Fortbewegung also in letztem Falle am leichtesten, im ersten am schwersten sein. Denn kein Körper ist vollkommen eben, es müssen also bei der Bewegung die Erhöhungen des einen in die Vertiefungen des andern einsinken und beim Fortgleiten Widerstand leisten. Dieser Widerstand heißt R e i b u n g. Der erste Fall gibt ein Beispiel der gleitenden Reibung, der zweite und dritte der rollenden Reibung. Die Reibung wächst mit dem Drucke der sich berührenden Flächen; fettige Körper, haben weniger Reibung als trockene, und bei Körpern, die längere Zeit mit einander in Berührung waren, ist der anfängliche Widerstand größer, als der nachherige. — Aus dem Bisherigen geht hervor, daß man die Reibung vermindert: 1) durch Glätten und Poliren der Oberfläche; (auf einer Eisenbahn kann ein Pferd eine 10 bis 12mal

so große Last ziehen, als auf einer gewöhnlichen Straße); 2) durch Ausfüllen der Vertiefungen mit Oel, Fett rc. (Schmieren der Wagenräder rc.); 3) durch Verwandlung der gleitenden in die rollende Bewegung (große Lasten bewegt man auf Walzen oder Kugeln; die Räder an den Wägen).

So nachtheilig die Reibung bei bewegten Körpern auf ihre Schnelligkeit wirkt, so nützlich ist sie für Körper, welche eine feste Lage haben sollen. Ohne Reibung könnten wir weder gehen noch stehen (Eis); wir könnten nichts halten, weder mit der Hand, noch mit der Zange; ohne Reibung könnte kein Paket mit Stricken festgebunden werden, alle Gegenstände auf der Strasse würde der Wind fortführen. Zur Vermehrung der Reibung kreiden Seiltänzer und englische Reiter ihre Schuhsohlen ein, Violinspieler bestreichen den Bogen mit Kolophonium und die Fuhrleute verwandeln bergab durch den Radschuh die rollende Reibung in gleitende.

Die Luft oder das Wasser, in dem sich ein Körper bewegt, heißt man das Mittel (Medium), und das Hinderniß der Bewegung, welches sie ausüben, den Widerstand des Mittels. Das Mittel muß nämlich selbst eine Bewegung erhalten, und wie schon aus den Gesetzen des Stoßes klar ist, auf Kosten der bewegten Körper. Der Widerstand des Mittels ist um so größer, a) je dichter das Mittel ist; daher sichs im Wasser schwerer geht, als in der Luft; ein Körper im Wasser langsamer fällt, als in der Luft; b) je schneller die Bewegung ist; daher man den Widerstand der Luft nur bei schnellem Laufen spürt; c) je größer die Fläche ist, welche das Mittel zertheilt; daher Fische, Vögel, Schiffe vorne spitz zulaufen, und die Linse am Perpendikel der Wanduhr am Rande geschärft ist, während die Fallschirme und die Flugräder an den Uhren möglichst viel Fläche haben. — In der Luft fallen alle Körper langsamer, als im luftleeren Raume; in diesem alle mit gleicher Geschwindigkeit. Im Pulshammer, der auch luftleer ist, fallen die Wassertheilchen mit einem Geklapper auf, als wären es kleine Steine. Auf Eisenbahnen ist der Widerstand der Luft sehr merklich: ein Wagen von 22½ Quadratfuß Vorderfläche, der 16 Fuß in der Secunde zurücklegt, erleidet einen Widerstand, als

ob er um 17 bis 18 ℔ schwerer beladen wäre. — Der Nutzen des Widerstandes zeigt sich beim Schwimmen, beim Rudern, beim Fliegen der Vögel, beim Fallen u. s. w.

Vierter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der tropfbar=flüssigen Körper.

§. 1. Gleichgewicht der Flüssigkeiten.

Wenn man eine Flüssigkeit auf eine horizontale Ebene gießt, so zerfließt sie; auf einer schiefen fließt sie herab. Die obern Theile drücken vermöge ihrer Schwere auf die untern, diese weichen vermöge ihrer leichten Verschiebbarkeit aus. Wasser kann daher nur in Gefäßen angehäuft werden, und die ruhige Oberfläche muß horizontal sein. Diese horizontale Oberfläche heißt das Niveau oder der Wasserspiegel. Wird ein Theil einer Flüssigkeit in eine höhere Lage gebracht, als der andere, so findet in Folge der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen so lange Bewegung statt, bis alle wieder in die Gleichgewichtslage zurückgekehrt sind. Dies sehen wir im Großen in der Bewegung der Flüsse nach dem Meere.

§. 2. Druck auf die Wände des Gefäßes.

Ist Flüssigkeit in einem Gefäße eingeschlossen, so müssen die Wände desselben der Gewalt widerstehen, mit welcher die Wassertheilchen zu zerfließen streben. Die Größe des Druckes, welchen die Bodenfläche erleidet, ist durchaus nicht von der Menge der Flüssigkeit abhängig, sondern allein von der Höhe derselben und von der Grundfläche des Gefäßes. Mit sehr wenig Flüssigkeit kann man daher einen sehr starken Druck ausüben, wenn man sie in eine enge Röhre gießt. Fügt man eine Röhre von 20 — 30′ Länge an ein Faß und gießt so viel Wasser hinein, daß Faß und Röhre voll sind, so wird man mit etwa 6 Maas Wasser in der Röhre ein Faß, das einige Eimer hält, zersprengen. Hierauf beruht auch die Wirkung des anatomischen Hebers (Fig. 11), des hydrostatischen

Blasebalgs (Fig. 12) und die in Erstaunen setzende Wirkung von Real's Wasserpresse (Auflösungspresse). Diese besteht aus einem niedern Cylinder von 1' Höhe und 1/2' Durchmesser, auf welchem ein luftdicht anschließender Deckel liegt. In diesen ist eine hohe, enge, oben trichterförmig ausgehende Röhre eingefügt von 1/2" Durchmesser und 2 bis 80' Höhe. Der Cylinder hat 3 Abtheilungen, welche durch siebartige Horizontalwände getrennt sind, von denen die untere fest, die obere beweglich ist. Die obere Abtheilung nimmt die auflösende Flüssigkeit auf (Wasser, Weingeist, Säure), die mittlere den aufzulösenden Körper, zerstoßen oder gepulvert, die untere die Auflösung, welche durch einen im Boden befindlichen Hahn herausgelassen werden kann.

Macht man in ein von allen Seiten verschlossenes Gefäß, dessen Seitenflächen z. B. 100 Quadratzoll haben, eine Oeffnung von 1 Quadratzoll, füllt das Gefäß mit Wasser und drückt nun mittelst eines Stempels durch die Oeffnung auf die Flüssigkeit mit einer Kraft von 100 ℔, so muß jeder Quadratzoll der Seitenwände einen Druck von 100 ℔ aushalten; es ist daher der Gesammtdruck, der durch jene 100 ℔ hervorgerufen wird, 100 × 100 = 10,000 ℔.

Darauf gründet sich die große Wirkung von Brahma's Wasserpresse (hydromechanische oder hydraulische Presse), (Fig. 16) bei welcher zu dieser vervielfältigenden Druckkraft noch die Wirkung des Hebels kommt. a b c d ist das Gestell; e ein runder eiserner Kolben, der genau in die obere Oeffnung des Behälters f paßt und eine Platte m n trägt, zwischen welche und den obern Querbalken a b der zu pressende Gegenstand k kommt. Drückt man den Hebel i mit einer Kraft von 100 ℔ in der Druckpumpe h abwärts, und denkt sich die innere Fläche des Behälters f 100 mal so groß, als die Oeffnung bei g, so wird der Kolben e mit einer Gewalt von 100 × 100 = 10000 ℔ in die Höhe getrieben.

§. 3. Communicirende Röhren (Fig. 13)

sind Gefäße von beliebiger Form, welche so mit einander verbunden sind, daß die Flüssigkeit von einem in das andere fließen kann. Gleichartige Flüssigkeiten stehen in ihnen im Gleichgewichte, wenn

ihre sämmtlichen Oberflächen in einer und derselben horizontalen Ebene (a b) liegen. Hierauf beruht die Nivellirwage (Fig. 14.) Sie besteht aus einem wagrechten metallenen Rohre (a b), das an den Enden rechtwinklig umgebogen ist und zwei damit communicirende Glasröhren (c und d) trägt, welche senkrecht stehen. Ist die Röhre mit Wasser gefüllt, so gibt die Linie e f, welche durch die beiden Oberflächen des Wassers in den Glasröhren geht, die Richtung einer horizontalen Linie an. — Auf diesem Gesetze beruhen auch die artesischen Brunnen. In sie entleeren sich nämlich höher liegende, mit Wasser gefüllte Höhlen, welche durch das in den tiefer gelegenen Wasserbehälter gebohrte Loch hervorquillen. Solche wasserreiche Höhlungen kommen besonders häufig in Kalksteingebirgen vor. — In den Springbrunnen wird die Höhe des springenden Strahles, welche eigentlich der Druckhöhe gleich sein sollte, vermindert durch die Krümmung der Röhrenleitung und durch die Adhäsion der Wassertheilchen. In Wilhelmshöhe bei Kassel springt das Wasser, welches in geneigter Ebene 250′ herabfällt, 140′ hoch. — Hellbrunn bei Salzburg, Schwetzingen, Nymphenburg. — Springbrunnen in Ebenen erfordern Druckwerke, welche das Wasser in einem Thurme oder dgl. in die Höhe treiben, damit es hier so viel falle, als zur Erzielung des gewünschten Wasserstrahles nothwendig ist.

Befinden sich aber in communicirenden Röhren Flüssigkeiten von verschiedener Dichte, so hält eine kleinere Säule von der dichteren einer größeren Säule von der weniger dichten das Gleichgewicht, sie haben also nicht gleiches Niveau. Diese Erscheinung gibt ein Mittel an die Hand, die Dichtigkeit verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen.

§. 4. Flüssigkeit in beweglichen Gefäßen.

Ein freihängendes Gefäß, welches mit Flüssigkeit angefüllt ist, wird eine solche Lage annehmen müssen, daß der Schwerpunkt der Masse gerade unter dem Unterstützungspunkte sich befindet. Bei Flüssigkeiten kann man sich also auch einen Schwerpunkt denken. — Im Zustande der Ruhe wird der Druck, welchen die Flüssigkeit nach

einer Seite hin ausübt, durch den entgegengesetzten Druck nach der gegenüberstehenden Seite aufgehoben. Wenn aber auf der einen Seite eine Oeffnung entsteht, so muß nach der entgegengesetzten Richtung eine Bewegung erfolgen. Darauf gründet sich das Segner'sche Wasserrad und zum Theil auch die Turbine.

§. 5. Schwimmen.

Stellt man sich einen Theil der in einem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit allein vor, so ist dieser in Ruhe, weil sein Gewicht und der Druck, welchen er von oben erleidet, zusammen eben so groß sind, als der Druck, welchen er von unten erleidet. Kommt an die Stelle dieser flüssigen Masse ein anderer Körper von ganz gleicher Größe und ganz gleichem Gewichte, so müßte auch dieser in Ruhe bleiben, weil im gegenseitigen Drucke durchaus nichts verändert worden ist; — er wird also weder sinken, noch steigen. Jeder andere Körper von gleicher Größe muß aber eben so viel an seinem Gewichte verlieren, als das Gewicht jener Wassermasse beträgt. Denn jeder Körper verliert in einer Flüssigkeit so viel von seinem Gewichte, als die Flüssigkeit wiegt, welche er aus ihrem vorigen Raume verdrängt. Die einfache Folge davon ist, daß der Körper schwimmt, wenn die Flüssigkeit schwerer, — daß er sinkt, wenn sie leichter ist. Im ersten Falle wird er übrigens so tief eintauchen, bis die Flüssigkeit, welche der eingetauchte Theil verdrängt, dem Gewichte des ganzen Körpers gleich ist. Deßwegen sinken die Fische, indem sie die in ihren Blasen enthaltene Luft zusammendrücken, und steigen, indem sie dieselbe ausdehnen. Versunkene Massen hebt man, indem man leere Fässer 2c. daran bindet. Am 9. Febr. 1806 kamen im Hafen von Pillau die seit Jahren in einer Tiefe von 15 — 18' verloren gelegenen, 6 Klafter langen eisernen Ketten, woran die Tonnen eines Seegatts befestigt sind, an die Oberfläche des Wassers herauf und schwammen auf derselben; sie waren mit Eis in starker Mannsdicke völlig candirt. Ebenso steigen Steine von 3 — 6 ℔ Schwere an die Oberfläche des Wassers, wenn sie mit Grundeis überzogen sind (Eis ist nämlich um $^1/_{10}$ specifisch leichter, als Wasser). — Auf das hier berührte Gesetz gründet sich ferner der Car-

tesianische Taucher; auch die Erscheinung, daß man im Wasser eine größere Last tragen kann, als in der Luft (ein Hund kann einen ins Wasser gefallenen Menschen retten, indem er ihn bis an das Ufer zieht; und Steine kann man oft bis an, aber nicht mit der nämlichen Kraft über die Oberfläche des Wassers heben).

Der Mensch ist gewöhnlich $1^{11}/_{100}$ mal so schwer, als das Wasser; er würde also untersinken, wenn er nicht entweder durch angebundene Blasen, Binsen ꝛc. eine Gewichtssumme erzeugen würde, welche etwas geringer ist, als das Gewicht des Wassers; oder mit den Händen und Füßen einen Stoß gegen das Wasser ausübte, in Folge dessen er auf der Oberfläche bleibt. Der Neapolitaner Paolo Moccia, welcher in der 2ten Hälfte des 18. Jahrhunderts lebte, sank im Meerwasser nur bis an die Brust ein. Schiffe müssen im dichteren Meerwasser mehr Ballast haben, als im Flußwasser.

§. 6. Specifisches Gewicht.

Das Gewicht, welches ein Körper durch Eintauchen in das Wasser verliert, wird zur Bestimmung des specifischen Gewichtes desselben benützt. Man wägt den Körper zuerst in der Luft, dann im reinen Wasser. Der Unterschied beider Gewichte ist der Gewichtsverlust des Körpers oder das Gewicht einer eben so großen Wassermenge. So oft nun dieser Unterschied in dem absoluten Gewichte des Körpers enthalten ist, so viel mal so schwer ist der Körper, als das Wasser, und diese Zahl drückt das specifische Gewicht aus. Z. B. Ein Stück Kupfer wiegt in der Luft 270 Loth, im Wasser 240 Loth, Verlust 30 Loth; $\frac{270}{30} = 9$; d. h. das specifische Gewicht des Kupfers ist 9. Ein Stückchen Holz wiege in der Luft 15 Loth; um es im Wasser unterzutauchen, muß es mit 20 Loth beschwert werden; es wiegt also die gleiche Wassermenge 35 Loth, und die Dichte des Holzes ist $\frac{15}{35} = \frac{3}{7}$.

Dieses Abwägen geschieht mittelst der hydrostatischen Wage, welche sich von einer gewöhnlichen Wage nur dadurch unterscheidet, daß die eine Schale an kürzeren Schnüren hängt und unten

ein Häckchen hat, um die zu bestimmenden Körper an einem feinen Drahte oder Haare aufzuhängen.

Die Dichte der Flüssigkeiten bestimmt man, wo es nicht auf sehr große Genauigkeit ankommt, durch Aräometer mit Skalen. (Fig. 15). Sie sind meistens von Glas und haben unten eine Kugel a, die einen schweren Körper (z. B. Quecksilber) enthält, damit sie stehend schwimmen. Da sie um so tiefer einsinken, je weniger Dichte die zu prüfende Flüssigkeit hat, so bringt man in der obern Röhre b c eine Skala an. — Je tiefer das Aräometer in Branntwein einsinkt, desto weniger Wasser enthält er, desto besser ist er; je weniger es einsinkt in Soole, desto mehr Salz enthält sie; je weniger es in Most sinkt, desto mehr Zucker enthält er und desto besser kann der Wein werden. — Bei Bier, Wein und Milch ist das Aräometer als Maaß der Güte unzuverläßig.

Das specifische Gewicht einiger Körper: Platin 22, Gold 19, Iridium 18, Quecksilber 14, Blei 11, Silber $10^1/_2$, Kupfer 9, Eisen 8, Zinn 7, Diamant $3^1/_2$, Glas gegen 3, Flintglas 4, Schwefel 2, Elfenbein 2, Eichenholz $1^1/_5$, Nußbaumholz $^3/_5$, Lindenholz $^2/_5$, Kork $^1/_4$, Rheinwein $^{999}/_{1000}$, Leinöl, $^9/_{10}$, Schwefeläther $^7/_{10}$.

§. 7. Ausfließen der Flüssigkeiten.

Die Geschwindigkeit des aus dem Boden eines Gefäßes abfließenden Wassers hängt ab von der Tiefe der Oeffnung unter der Oberfläche des Wassers; nimmt also ab mit der sinkenden Oberfläche. Wenn aber das Wasser durch einen schwimmenden Heber abfließt, so hat es stets gleiche Geschwindigkeit. Hierauf beruht Hero's Wasseruhr. — Die Minutengläser der Schiffer sind Sanduhren, die sich auf die Wahrnehmung gründen, daß die Sandmenge, welche in einer gewissen Zeit durch eine Oeffnung fließt, sowohl dem Raume, als dem Gewichte nach ganz gleich bleibt, wenn auch die Druckhöhe des Sandes verschieden ist.

§. 8. Stoß der Flüssigkeiten auf feste Körper.

Der Stoß, welchen Flüssigkeiten auf ruhende Körper ausüben,

ist um so größer, je bedeutender die Geschwindigkeit der Flüssigkeit und je größer die getroffene Fläche ist. Bei 2=, 3, 4facher Geschwindigkeit des Wassers ist dieser Stoß 4, 9, 16mal so groß. Die einfachste Anwendung dieser Erscheinung finden wir bei den ober= und unterschlächtigen Mühlen. Etwas zusammengesetzter ist die Wirkung beim Stoßheber. In diesem wird durch das plötzliche Aufhalten des Wassers, das sich in einer Röhre bewegt, ein Druck erzeugt, der stark genug ist, einen Theil des Wassers zu einer beträchtlichen Höhe in einer engeren Röhre emporzutreiben.

Fünfter Abschnitt.

Gleichgewicht und Bewegung der elastisch=flüssigen Körper (Gase.)

---

§. 1. Ausdehnsamkeit und Spannkraft.

Wenn man mehrere tropfbare Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte in ein Gefäß gießt, so ordnen sie sich von unten nach oben nach ihrer Dichtigkeit (z. B. Quecksilber, Weinsteinöl, d. i. eine Auflösung von Pottasche, Alkohol, Steinöl). Hingegen Luftarten von verschiedener Dichtigkeit in einen und denselben Raum gebracht, ordnen sich nicht nach ihren specifischen Gewichten, sondern es dehnt sich jede für sich aus, als wären die andern nicht vorhanden, so daß an jeder Stelle alle Luftarten angetroffen werden. Als Grundeigenschaft aller luftartigen Körper (Gase) erscheint somit die Ausdehnsamkeit. Die einzelnen Theilchen (Atome) haben dabei das Bestreben, sich von einander zu entfernen; dieses bleibt auch noch thätig, wenn man sich Gase in einen begrenzten Raum eingeschlossen und stark durch die Seitenwände zusammengepreßt denkt; sie werden daher einen Gegendruck ausüben. Diesen nennt man Spannkraft oder Elasticität. Preßt man Luft in einer geeigneten Vorrichtung auf einen sehr kleinen Raum zusammen, so wird ihre Spannkraft dadurch so gesteigert, daß sie zu sehr gewaltigen Wirkungen verwendet wer=

den kann, wie wir bei den Windbüchsen sehen, und wie es die Knaben im Kleinen schon bei den Hollunderbüchsen in Anwendung bringen.

§. 2. Druck der Atmosphäre.

Die Luft, welche wir hier als Repräsentanten aller Gase hauptsächlich in Betracht ziehen, würde sich wegen des Bestrebens ihrer Theilchen, sich stets von einander zu entfernen, in den unendlichen Weltraum zerstreuen, wenn nicht die Anziehungskraft der Erde entgegenwirkte. In Folge dieser Kraft bildet sie eine Hülle um die Erde, welche wir Atmosphäre nennen und deren Höhe etwa 10 Meilen beträgt.

Da die Anziehung der Erde mit der Entfernung abnimmt, so müssen die unteren, der Erde näheren Schichten der Atmosphäre dichter sein, als die entfernteren oberen.

Eine weitere Folge der Anziehung der Erde ist, daß die Luft auf jede Unterlage einen Druck ausübt. Dieser Druck ist meßbar, d. h. in Gewichtsgrößen auszudrücken. Man nimmt dazu eine große hohle Glaskugel und wiegt sie, mit Luft angefüllt, höchst genau. Entfernt man dann die Luft aus der Kugel und wiegt sie abermals, so ist das Gewicht derselben geringer. Was sie jetzt an Gewicht verloren hat, ist das Gewicht der darin enthalten gewesenen Luft. Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Dichte der Luft 770mal geringer ist, als die Dichte des Wassers, daß also 770 Kubikzoll Luft so viel wiegen, als 1 Kubikzoll Wasser. — Man überzeugt sich auch noch vom Drucke der Luft, wenn man eine an beiden Enden offene Glasröhre zum Theil in Wasser taucht, hierauf das obere Ende mit dem Finger verschließt und so weit herauszieht, daß das untere Ende noch im Wasser ist. Das Wasser fällt aus der Röhre nicht heraus, weil die innere Luft durch theilweises Fallen des Wassers sich so ausgedehnt hat, daß der Druck der äußeren gegen die untere Oeffnung bedeutend stärker ist; denn in dem Augenblicke, wo man die obere Oeffnung wieder frei läßt, die Luft also auch hier wieder zu ihrer vollen Dichte kommt, sinkt auch das Wasser in der Röhre zum

Niveau des Gefäßes herab. — Hierauf beruht der Stechheber, der magische Trichter, die Wirkung der Schröpfköpfe.

Sonst erklärte man sich diese Erscheinung aus dem „Abscheu der Natur vor dem leeren Raume" — bis Toricelli (1643), ein Schüler Galiläi's, die wahre Ursache entdeckte. Befragt, warum man bei einem Brunnen in Florenz das Wasser nicht über 32′ hoch pumpen könne, nahm er eine Glasröhre, welche an dem einen Ende zugeschmolzen war, und füllte sie mit Quecksilber. Indem er sie nun sorgfältig umwendete, so daß keine Luft eindringen konnte, und mit dem offenen Ende senkrecht in ein Gefäß mit Quecksilber steckte, fiel das in der Röhre befindliche Quecksilber bis auf 28′′ herab und blieb in dieser Höhe schweben. Er schloß daraus: die Luft drückt auf das Quecksilber im Gefäße mit einer Gewalt, welche dem Gewichte einer Quecksilbersäule von 28′′ gleich ist. Da Wasser ungefähr 14mal leichter ist, als Quecksilber, so müßte man zu demselben Versuche mit Wasser eine 14mal so lange Röhre nehmen, und in der That findet man auch, daß der Druck der Luft eine Wassersäule von $14 \times 28'' = 392'' = 32^1/_2{}'$ schwebend erhält.

Beträgt der Querschnitt einer solchen Toricelli'schen Röhre 1 Quadratzoll, so enthält sie 28 Kubikzoll Quecksilber, welche ungefähr 15 ℔ wiegen, eine Luftsäule, deren Querschnitt ein Quadratzoll und deren Höhe die Atmosphäre ist, wiegt also auch 15 ℔. Es hat demnach jeder in der Luft befindliche Körper fortwährend auf jedem Quadratzoll seiner Fläche einen Druck von 15 ℔ auszuhalten, folglich ein Quadratzoll $144 \times 15 = 2160$ ℔, — und da die Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe 15 □′ beträgt, so ist der Druck der Luft, den ein Mensch in jedem Augenblicke auszuhalten hat $= 15 \times 2160 = 32400$ ℔. — Wir empfinden jedoch diesen ungeheuren Druck nicht: a) wegen seiner Gleichmäßigkeit; b) wegen seiner ununterbrochenen Dauer; c) weil alle Säfte in uns mit großer Gewalt nach außen gedrückt und getrieben werden, so daß dieser Druck der Luft nicht nur nicht lästig, sondern unumgänglich nothwendig ist. Das Letztere wird durch die Erfahrung der Reisenden auf sehr hohen Bergen bestä-

tigt, wo ihnen wegen der geringeren Dichte der dortigen Luft das Blut aus Lippen, Zahnfleisch ꝛc. dringt.

§. 3. Das Barometer.

Die Beobachtung lehrt, daß der Stand des Quecksilbers in der Toricellischen Röhre nicht immer derselbe ist, daß sich also der Druck der Luft verändert. Dieß hat Veranlassung gegeben, jene Vorrichtung als Maaß des Luftdruckes — Barometer — zu gebrauchen. Sie wird zu dem Ende mit einer Skala versehen, welche die Höhe der Quecksilbersäule über dem Quecksilber im Gefäße angibt. Der Raum zwischen dem zugeschmolzenen Ende der Glasröhre und dem obern Ende der Quecksilbersäule ist luftleer und heißt die Toricellische Leere. Bringt man das Barometer in eine schiefe Lage, so muß das Quecksilber den obern Raum schnell und genau ausfüllen. Zu einem guten Barometer gehört ferner eine überall gleich weite, nicht über 1½ Linien enge Glasröhre, und das Quecksilber muß chemisch rein sein. Beide werden überdies durch vorheriges Auskochen von allen anhängenden Lufttheilchen befreit. — Das Barometer belehrt uns

1) über die ungleiche Größe des Luftdruckes zu verschiedenen Zeiten an einerlei Ort. Das Quecksilber steigt und fällt bei uns innerhalb des Raumes von 2''. Heftige Stürme, Erdbeben und Gewitter, welche von großen Störungen im Gleichgewichte der Luft begleitet sind, werden in der Regel durch ein starkes Fallen des Barometers angekündigt. Bei heiterem Wetter und klarem Himmel enthält die Atmosphäre viel Wasser in Dampfform; dadurch wird der Luftdruck vermehrt und das Barometer steht hoch. Wenn aber durch Abkühlung der Luft diese Dämpfe ihre Spannkraft verlieren, so wird der Luftdruck dadurch verringert und das Barometer fällt. Die nidergeschlagenen Dämpfe erscheinen dann alsbald als Wolken und Regen. (Ebenso fällt das Barometer bei Westwinden, steigt bei Ostwinden und steht am niedersten bei Südwestwinden). Da nun das Barometer solche Veränderungen schon viel früher erkennen läßt, als Wolken und Regen erscheinen, so gilt es bei uns als Wetterprophet. Zu

gewissen Zeiten des Jahres, besonders um die Tag- und Nachtgleichen, bemerkt man häufigere Schwankungen; auch nicht jede Wetterveränderung wird durch das Barometer vorher angezeigt (z. B. während 12 Jahren regnete es in Padua 1175mal, nur 758mal hat das Barometer dieß durch vorherige Veränderung seiner Höhe angezeigt).

Anm. Wetterpropheten anderer Art sind: a) die Spinnen (Disjonval 1787 — 95 in Utrecht gefangen); die Winkelspinne zeigt sich bei schönem Wetter mit dem Kopfe und streckt die Füße um so weiter hervor, je länger es schönes Wetter bleibt; bei übler Witterung zieht sie sich zurück, und bei recht stürmischer Witterung kehrt sie sich ganz herum. b) Der Laubfrosch. c) Der Steinschmerl, auch Wetterfisch genannt, den man sich in großen gläsernen Flaschen oder Kugeln hält, auf deren Boden etwas Sand ist. d) Der Blutegel; bei heiterem Wetter liegt er zusammengekrümmt auf dem Boden; will es regnen, so steigt er zur Oberfläche des Wassers herauf; kommt Regen, so schwimmt er mit großer Behendigkeit in der Flasche umher.

Das Barometer belehrt uns

2) über die ungleiche Größe des Luftdrucks in derselben Zeit an verschiedenen Orten. Je höher wir über der Oberfläche des Meeres sind, desto kürzer wird die Luftsäule, welche wir noch über uns haben, desto geringer daher auch ihr Druck. An einem 73 Fuß über der Meeresfläche befindlichen Orte steht die Quecksilbersäule im Barometer um 1 Linie tiefer. Daher wird das Barometer auch zu Höhenmessungen angewendet. Diese erfordern aber nicht nur sehr genaue Barometer, sondern auch äußerst schwierige Berechnungen, weil der Einfluß der Wärme zc. dabei in Anschlag gebracht werden muß und weil bei jeder folgenden Linie, um die das Quecksilber sinkt, eine fortwährend größere Höhe, als 73′ erforderlich ist wegen der stetigen Verdünnung der Luft. Das Barometer steht auf dem Brocken $24^1/_2$, auf dem St. Gotthard 21, auf dem Aetna 19, auf dem Montblanc 16, auf dem Chimborasso $12^5/_6$ Zoll hoch. — Die erste Barometermessung machte Perrier 1648 auf dem Puy de Dom.

§. 4. Das Mariotte'sche Gesetz.

Die Luft, welche man in einer Röhre zusammendrücken will, ist schon vorher in einem gewissen Dichtigkeitszustande. Bei doppeltem Drucke hat sie doppelte Dichtigkeit und nimmt noch die Hälfte ihres vorigen Raumes ein, bei 3fachem Drucke ist auch ihre Dichtigkeit verdreifacht, ihr Raum beträgt aber nur den dritten Theil u. s. w. — Das Nämliche findet bei Verdünnung der Luft statt. Daraus ergibt sich das Gesetz: Die Dichte der Luft verhält sich wie die pressende Kraft, und umgekehrt wie der Raum, welchen dieselbe Masse Luft ausfüllt. — Dieses Gesetz behält seine Gültigkeit bis zu 112facher Verdünnung und 30facher Verdichtung der Luft. Hätte es dieselbe bei noch weiterer Verdichtung, so müßte in einer Tiefe von 12 Meilen unter der Erdoberfläche die Luft dichter sein, als Gold, dieses also darin schwimmen; der Mensch aber könnte schon in viel geringerer Tiefe den Boden nicht mehr erreichen, sondern müßte in der Luft schwimmen.

Die Elasticität der Luft nimmt durch lang andauernde Zusammenpressung nicht ab.

§. 5. Die Luftpumpe.

Um die Erscheinungen hervorzubringen, welche mit der Verdünnung der Luft verbunden sind, bedient man sich der Luftpumpe. Der Erfinder derselben ist Otto von Guerike, Bürgermeister von Magdeburg; er experimentirte mit derselben vor Kaiser Ferdinand III. auf dem Reichstage zu Regensburg 1654. —

Ihre wesentlichen Theile veranschaulicht Fig. 17. Der hohle Cylinder a b c d steht durch die Röhre l m in Verbindung mit der gläsernen Glocke q (Recipient genannt), welche luftdicht auf der Scheibe o p aufsitzt, die man den Teller der Luftpumpe nennt. Die Glocke q ist der Raum, in welchem die Luft verdünnt werden soll. Dazu dient der in den Cylinder a b c d luftdicht passende Kolben e f, welcher in der Mitte durchbohrt ist, nebst den beiden Ventilen h und k, die sich öffnen, wenn der Luftdruck von unten wirkt, und sich schließen, wenn die Luft von oben drückt. Wird der Kolben, der bis b c im Cylinder stak, in die Höhe gezogen, so schließt

sich das Ventil h durch den Druck der äußern Luft und unter dem Kolben entsteht der luftleere Raum e f b c. Aber vermöge ihrer Spannkraft tritt sogleich Luft aus der Glocke durch die Oeffnung n in die Röhre l m, hebt das Ventil k in die Höhe und verbreitet sich in dem Raume e f b c. Dadurch ist die erste Verdünnung der Luft bewirkt worden. Schiebt man jetzt den Kolben wieder ganz in den Cylinder hinab, so wird die in e f b c enthaltene Luft — da sich gleichzeitig das Ventil k schließt — zusammengepreßt; sie öffnet daher das Ventil h und entweicht durch die Oeffnung des Kolbens ins Freie. Bei abermaligem Hinaufziehen des Kolbens wird die Luft wieder verdünnt und durch Fortsetzung dieser Arbeit endlich dahin gebracht, daß ihre Spannkraft nicht mehr hinreicht, das Ventil k zu heben, in welchem Falle keine weitere Verdünnung mehr erreicht werden kann. Bei guten Luftpumpen wird die Dichte der Luft auf $\frac{1}{200}$ gebracht und kann bis auf $\frac{1}{500}$ getrieben werden. Der Hahn oberhalb l dient dazu, um Luft wieder in die Maschine zu lassen, wenn man sie außer Thätigkeit setzen will.

Die wichtigsten Experimente mit Luftpumpen sind folgende:

1) Der Recipient sitzt unbeweglich fest auf dem Teller, sobald die Luft in ihm verdünnt ist.

2) Die Magdeburger Halbkugeln können nur durch sehr große Gewalt getrennt werden, wenn sie luftleer sind.

3) Eine Glasplatte, welche luftdicht auf einem Ringe von Metall liegt, oder eine darüber gespannte Blase werden zersprengt, wenn unter ihnen die Luft verdünnt wird.

4) Ein Ei, das man an der Stelle geöffnet hat, welche beim Schwimmen im Salzwasser am tiefsten lag, gibt seinen Inhalt in ein untergestelltes Gefäß, wenn die Luft verdünnt wird, weil die in seinem Innern enthaltene Luft sich ausdehnt. Beim Zutritt der äußern Luft füllt es sich wieder an.

5) Ein im Recipienten befindliches Barometer sinkt um so tiefer, je mehr die Luft verdünnt wird.

6) Eine fest zugebundene Blase, die wenig Luft enthält, dehnt sich unter der Glocke beim Verdünnen aus und zerspringt; ebenso zerspringt ein verschlossenes Arzneigläschen, lufthaltiger Thon dehnt sich aus.

4*

7) Aus Wein, Bier und andern dgl. Flüssigkeiten entwickeln sich im luftleeren Raume eine Menge Luftblasen (Schaum); diese Getränke werden aber dadurch schaal.

8) Holz und andere poröse Körper verlieren im luftleeren Raume die in ihren Poren enthaltene Luft und werden, wenn sie auf Wasser schwimmen, beim Zutritt der äußern Luft dadurch schwerer, daß nun diese Poren sich mit Wasser füllen. Buchenholz wird dadurch zum Sinken gebracht.

9) Alle Körper fallen im luftleeren Raume gleich schnell.

10) Eine Röhre 2c. ist leichter, wenn sie luftleer ist, als vorher.

11) Der Ton einer Glocke unter dem Recipienten wird nicht gehört, wenn dieser luftleer ist.

12) Lichter erlöschen und Thiere sterben.

13) Warmes Wasser fängt von selbst an zu sieden.

14) Ein runzeliger Apfel dehnt sich wieder zu seiner vorigen Größe aus.

15) Kein Flintenschuß gibt, im luftleeren Raume abgedrückt, Funken; selbst das Pulver auf der Zündpfanne entzündet sich nicht.

Die großartigste Anwendung der Verdünnung der Luft hat man bei den atmosphärischen Eisenbahnen gemacht.

§. 6. Die Compressionspumpe.

In der Compressionspumpe wird die Luft auf ähnliche Weise verdichtet, wie sie in der Luftpumpe verdünnt wird. Nur muß beim Hineintreiben des Kolbens die Verbindung zwischen dem Cylinder und der Glocke hergestellt werden, also das Ventil k sich öffnen, beim Zurückziehen des Kolbens hingegen muß der Cylinder mit der freien Luft in Verbindung gesetzt werden, also das Ventil h sich öffnen; — auch muß der Recipient niet- und nagelfest auf dem Teller sitzen. Die wichtigsten Erscheinungen, welche sich hier darbieten, sind:

1) Eine stark aufgetriebene Blase wird zusammengedrückt.

2) Eine feine Glaskugel wird zerdrückt.

3) Der Unterschied in der Fallzeit leichter und schwerer Körper ist in verdichteter Luft noch bedeutender, als im Freien.

§. 7. Verschiedene Anwendungen des einfachen und verstärkten Luftdrucks.

a) Der Heronsball besteht aus einer Kugel, die zum Theil mit Flüssigkeit gefüllt wird, in welche ein Rohr hinabreicht. Wird die Luft über der Flüssigkeit verdichtet, indem man durch ein zweites schon über der Flüssigkeitsfläche endendes Rohr Luft hineinbläst, so drückt sie von innen stärker auf das Wasser, als dieses von außen gedrückt wird und deßhalb springt das Wasser aus der ersten Röhre hervor.

b) Der Heronsbrunnen Fig. 18. Er besteht aus zwei luftdichten Gefäßen c und b. Von dem Teller a führt eine offene Röhre m n an den Boden von b. Von der Decke des Gefäßes b führt eine zweite Röhre d in das obere Gefäß c. Das obere Gefäß wird durch die Oeffnung o etwa zu ²/₃ mit Wasser gefüllt und diese hierauf verschlossen. Gießt man nun Wasser auf den Teller a, so fällt dieses durch m n herab, die in b dadurch verdichtete Luft dringt in das obere Gefäß a und wirkt hier wie im Heronsballe. Das Wasser, welches die Springröhre f liefert, sammelt sich im Teller a und fällt durch m n ebenfalls nach b und bewirkt so lange ein ununterbrochenes Fließen der Springröhre, als noch Wasser in c ist.

c) Der Heber ist eine gekrümmte Röhre. Füllt man ihn mit Flüssigkeit, so kann man ein ganzes Gefäß durch ihn allmählig entleeren. Sind beide Schenkel von gleicher Länge, so fließt die Flüssigkeit aus dem freien Schenkel so lange ab, als dieser länger ist, als der über die Flüssigkeit hervorragende Theil des eingetauchten. Bei Hebern mit ungleichen Schenkeln taucht man natürlich den kürzern ein und läßt den längern frei. Auf die Wirkung des Hebers gründet sich der Verirbecher, so wie gewisse Quellen, welche nur mit bestimmten Pausen von kürzerer oder längerer Dauer fließen. Auch der Czirknitzer See findet durch die Wirkung des Hebers die einleuchtendste Erklärung.

d) Die Saugpumpe. Die einfachste ist der gewöhnliche Pumpbrunnen. Er besteht aus einer Saugröhre, welche mit dem untern Ende unter der Oberfläche des Wassers im Brunnen steht. Oben ist an sie eine zweite Röhre angefügt, welche der Stiefel

heißt und zu oberst mit der Ausflußröhre versehen ist. Der Stiefel wird von der Saugröhre durch ein Ventil geschieden, welches sich nach oben öffnet. Im Stiefel wird der Kolben, der in der Mitte durchbohrt und auch mit einem nach oben gehenden Ventil verschlossen ist, durch die Kolbenstange auf und ab bewegt. Bei jeder Bewegung in die Höhe entsteht zwischen dem Saugröhrenventil und dem Kolben ein luftverdünnter Raum, welcher sich sogleich mit Wasser füllt. Bei jedem Drucke des Kolbens abwärts tritt das Wasser über den Kolben und gelangt so nach einigen Zügen zur Ausflußröhre Daß diese nicht mehr, als etwa 30′ von der Oberfläche des Wassers entfernt sein darf, ist aus dem Frühern (§. 2) klar.

e) Bei den Saug- und Druckwerken hat der Kolben kein Ventil.

f) In der Windbüchse beschleunigt die verdichtete Luft den Lauf einer Kugel, indem sie sich aus einem engern Raume (Windkammer) plötzlich in einen weiteren ausdehnen kann.

g) Die Fig. 19 abgebildeten Hauptheile der Feuerspritze stehen in dem mit Wasser gefüllten Behälter. Die Cylinder b und c sind unten mit Ventilen versehen, welche sich — wenn der Kolben in ihnen in die Höhe geht — öffnen, wodurch sich die Cylinder mit Wasser füllen; geht er herab, so schließt sich das untere Ventil, und das Wasser geht durch die Gurgelrohre d und e, in welchen sich nun ein Ventil in den Windkessel a öffnet, in diesen. Hier reicht das Ausflußrohr f bis nahe an den Boden herab, und das Wasser wird — da der Windkessel überall luftdicht verschlossen ist — wie im Heronsbrunnen durch den Druck der Luft in die Höhe getrieben. Die beiden Kolbenstangen sind an einer und derselben Querstange angebracht; wenn der eine Kolben steigt, sinkt der andere, und die schwerere, abwärts gehende Bewegung des letztern wird durch die leichtere aufwärts gehende Bewegung des ersteren ausgeglichen.

h) Auf dem Druck der Luft und der Erzeugung eines luftverdünnten Raumes beruht auch das Athmen und Saugen. Indem wir mittelst besonderer Muskeln den Raum unserer Brust-

höhle erweitern, wird die Luft in derselben verdünnt, in Folge dessen tritt aus der Atmosphäre Luft in unsere Brust, d. h. es findet Einathmung statt. Wird dagegen durch das Zusammenziehen der Brustwände die Luft in der Brusthöhle zusammengepreßt, so tritt sie aus derselben, d. h. es findet Ausathmung statt.

§. 8. Einfluß der Luft auf das Gewicht der Körper.

Wie im Wasser, so verlieren auch in der Luft die Körper so viel an ihrem Gewichte, als die Luft wiegt, welche sie verdrängen. Im luftleeren Raume wird daher ein in der Luft abgewogener Körper leichter erscheinen, wenn das Gewicht einen größern Raum einnahm, als der abgewogene Körper (z. B. Gold); hingegen schwerer, wenn das Gewicht einen kleinern Raum einnahm (z. B. Schwamm). Eine kleine massive Metallkugel, die mit einer größeren, hohlen Kugel bei mittlerer Dichte der Luft im Gleichgewichte war, sinkt, wenn die Dichte der Luft abnimmt, — steigt, wenn die Dichte zunimmt. Versieht man den Wagebalken mit einem Zeiger, der die verschiedene Dichte der Luft auf einer Skala angibt: so hat man Guerike's M a n o m e t e r (Dichtigkeitsmesser).

Körper, welche weniger wiegen, als die verdrängte Luft, steigen in ihr in die Höhe, wie die Wolken, der Rauch, viele Dämpfe, die Luftballons.

Die Brüder Montgolfier füllten 1782 den ersten kleinen Aerostaten mit erhitzter Luft. Cavendisch Entdeckung von der großen Leichtigkeit des Wasserstoffgases benutzten Charles und Pilatre de Rozier und erhoben sich in einem mit diesem Gase gefüllten Ballon 50′ hoch in die Luft. Bald darauf machte der Letztere die erste kühne Luftschifffahrt; bei einer spätern verlor er sein Leben. Blanchard reiste 1785 von Dover nach Calais im Luftschiffe. In der Folge bedienten sich die Franzosen dieser Erfindung im Kriege, um die Stellung der Feinde zu erkennen. Gelehrte unternahmen wissenschaftliche Luftreisen und Gay-Lussac erhob sich bei einer derselben 21550′ hoch. Im Novbr. 1836 flog Green mit zwei Gefährten in einem mit Kohlengas gefüllten Ballon

von London bis Weilburg im Nassauischen, 200 Stunden weit in 19 Stunden.

§. 9. Die Winde.

In geheizten Zimmern tritt durch die geöffnete Thüre warme Luft oben hinaus, kalte unten herein; denn die erwärmte Luft steigt in die Höhe und die kältere (schwerere) tritt von unten aus an ihre Stelle. Da nun die Erde nicht überall gleichheitlich erwärmt ist, so dehnt sich auch die an einem Orte wärmere Luft zunächst nach oben aus, weil oben der Gegendruck am geringsten ist, sie strömt dann alsbald seitwärts ab und unten an der Oberfläche der Erde strömt die Luft von dem kälteren Orte nach dem wärmeren; so daß in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre entgegengesetzte Winde wehen. Ganz in derselben Art treten die erwähnten Erscheinungen ein, wenn ein Theil der Atmosphäre stärker abgekühlt wird, als ein anderer. Für das Gefühl ist außerdem ein Wind um so stärker, je höher man sich befindet. — Ungefähr zwischen dem nördlichen Wendekreise und dem Aequator weht fast das ganze Jahr Nordostwind, zwischen dem südlichen Wendekreise und dem Aequator Südostwind, und beide Winde vereinigen sich am und um den Aequator zum Ostwinde. Man nennt diese Passate. In der Nähe des indischen Oceans wehen die Moussons, welche nach den Jahreszeiten wechseln. Dies- und jenseits der Grenze der Passatwinde ist das Gebiet der veränderlichen Winde, in welchem ein beständiger Kampf zwischen NO- und SW-Wind stattfindet. Der letztere hat aber durchschnittlich die Oberhand. Der Wechsel zwischen beiden geschieht nach einer bestimmten Regelmäßigkeit. Wenn bei uns der Wind eine zeitlang aus N. geblasen hat, so geht er nicht nach NW., sondern nach NO., und durch O., S. und W. nach N. zurück. Dies ist das Drehungsgesetz, welches auf der nördlichen Halbkugel die Winde beobachten. Ob die Winde trocken, feucht, kalt oder warm sind, hängt von der Gegend ab, aus welcher sie zu uns kommen. Sehr heiße Winde wehen zuweilen in Hindostan, auf der Hochebene Gobi, im südlichen Rußland, in Andalusien (Solano), in Italien (Sirocco).

Die **Wirbelwinde** sind Luftsäulen, welche im Fortbewegen um sich selbst kreisen, im Kleinen bei uns öfters vorkommen, verstärkt Bäume und Häuser niederreißen, Vieh und Menschen mit sich fortführen, und im Großen auf dem Meere bei den Wasserhosen thätig sind.

§. 10. Verdichtung der Gase durch Anziehung von Seite fester Körper.

Gase verbreiten sich in der Luft oder in anderen Gasen ohne Rücksicht auf gegenseitige Schwere, und feste Körper ziehen alle gasartigen an. Das Gas verdichtet sich an der Oberfläche des anziehenden Körpers, und wenn er porös ist, auch an der Oberfläche eines jeden seiner Theilchen, also auch in seinem Innern. Von dem auf diese Weise verschwundenen Gase sagt man, es sei von dem festen Körper absorbirt. — In besonders hohem Grade zeigt dieses Vermögen die Kohle, besonders die Knochenkohle. — Manche Gase werden in einem porösen Körper so sehr verdichtet, daß dadurch eine Entzündung hervorgebracht wird, wie z. B. wenn Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas mit Kohle in Berührung kommen; ebenso wenn Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit fein zertheilter Platina (Platinaschwamm), Gold, Silber und andern Metallen sich berühren (Döbereiner's Platinafeuerzeug).

§. 11. Erscheinungen beim Ausströmen der Gase.

Wie ausströmende tropfbare Flüssigkeiten, so üben auch ausströmende Gase eine rückwirkende Kraft. Daher kommt das Steigen der Raketen, das Stoßen der Kanonen 2c. Der Stoß wächst mit der Geschwindigkeit und der Masse der zum Stoße kommenden Luft. —

Wenn man aus einer engern Röhre (Fig. 20 a) in eine daran gefügte weitere (b) bläst, so wird dadurch die Luft in der weitern so verdünnt, daß in einem an der weitern Röhre angesetzten heberförmigen Röhrchen (c) eine Flüssigkeit sich nach innen höher stellt, als nach außen.

Sechster Abschnitt.

Der Schall.

§. 1. Schall und Ton.

Schwingungen in der Luft oder in festen Körpern, welche wir mit unserem Gehöre wahrnehmen, nennen wir Schall. Diese Schwingungen sind wellenartig. Saiten, Stäbe und Stimmgabeln erzeugen den Schall durch abwechselnde Verdichtung und Verdünnung der Luft. Das Anzünden von Knallgas und das Oeffnen eines dicht schließenden Federrohrs erzeugen den Schall dadurch, daß ein luftverdünnter Raum gebildet wird, welchen die Luft vermöge ihrer Elasticität schnell wieder auszufüllen strebt, wobei ihre Theilchen heftig an einander stoßen. Manche Körper, wie z. B. Blei und Gold, sind nicht elastisch genug, um die Luft in lebhafte Schwingungen zu versetzen, ihr Ton ist daher höchstens dumpf und klanglos, doch theilen sie andern festen Körpern ihre Schwingungen mit. — Wenn mehrere Schalle sehr schnell hinter einander erfolgen, so kann sie das Ohr bald nicht mehr einzeln unterscheiden. Folgen sie in ungleichen Zeiten auf einander, oder sind sie aus ungleichartigen Schwingungen zusammengesetzt, so ist eine große Mannigfaltigkeit derselben möglich, wofür die Sprache eine Menge Worte hat: Rasseln, Sausen, Lärm, Brausen, Geräusch ꝛc. Eine Folge regelmäßig auf einander folgender Schalle, welche das Ohr als ein Ganzes auffaßt, heißt ein Ton. Ein Ton ist hoch, wenn die Anzahl der einzelnen Schalle groß ist; — tief, wenn die Anzahl der Schalle gering ist. Töne, welche angenehm zusammenklingen, heißen consonirend (Consonanz); im entgegengesetzten Falle dissonirend (Dissonanz).

§. 2. Schwingungen der Saiten.

Die Schwingungen der Saiten lassen sich am besten auf dem Monochord beobachten. Dieses besteht aus einem länglich viereckigen Kasten, dessen Deckplatte aus trockenem Tannenholze von möglichst

gleichmäßigen Fasern besteht, und Resonanzboden heißt. Ueber dieselbe sind Stahl- oder Darmsaiten entweder durch Gewichte, oder durch Wirbel gespannt. Sie ruhen an beiden Enden des Kastens auf unbeweglichen Stegen; mittelst eines beweglichen Steges aber kann man den schwingenden Theil der Saite verlängern oder verkürzen. Denkt man sich nun die Länge der Saiten unverändert und ändert nach einander das spannende Gewicht, so gibt die Saite, wenn sie bei der Spannung durch 1 ℔ den Grundton gibt, bei der Spannung durch 4 ℔ die Oktave, bei $^{81}/_{64}$ die Secunde, bei $^{25}/_{16}$ die große Terz, bei $^{16}/_{9}$ die Quart, bei $^{9}/_{4}$ die Quinte, bei $^{25}/_{9}$ die Sext, bei $^{225}/_{64}$ die große Septime. Dieses auf die Tonleiter von C-dur angewendet:

C	D	E	F	G	A	H	c
1	$^{81}/_{64}$	$^{25}/_{16}$	$^{16}/_{9}$	$^{9}/_{4}$	$^{25}/_{9}$	$^{225}/_{64}$	4

Wir erkennen daraus: 1) Je gespannter eine Saite ist, einen desto höhern Ton gibt sie.

Lassen wir jetzt das Gewicht unverändert und verschieben den Steg, so gebe wieder die ganze Saite den Grundton; dann gibt die halbe Saite die Octave, $^{8}/_{9}$ die Secunde, $^{4}/_{5}$ die große Terz, $^{3}/_{4}$ die Quarte, $^{2}/_{3}$ die Quinte, $^{3}/_{5}$ die Sext, $^{8}/_{15}$ die Septime. Dieses auf die Tonleiter von C-dur angewendet:

C	D	E	F	G	A	H	c
1	$^{8}/_{9}$	$^{4}/_{5}$	$^{3}/_{4}$	$^{2}/_{3}$	$^{3}/_{5}$	$^{8}/_{15}$	$^{1}/_{2}$

Wir erhalten diese Brüche, wenn wir die vorigen umkehren und die Quadratwurzel aus ihnen ziehen, und wir erkennen daraus: 2) Je kürzer eine Saite ist, einen desto höheren Ton gibt sie. Es darf dabei nicht unbeachtet bleiben, daß die einfachsten Brüche die consonirendsten Intervalle geben.

Die Anzahl der Schwingungen, welche zu einem Tone erforderlich sind, steht im umgekehrten Verhältnisse mit der Länge der Saiten. Es ergibt sich somit aus dem Obigen sogleich für die Anzahl der Schwingungen Folgendes:

C	D	E	F	G	A	H	c
1	$^{9}/_{8}$	$^{5}/_{4}$	$^{4}/_{3}$	$^{3}/_{2}$	$^{5}/_{3}$	$^{15}/_{8}$	2

Wechseln wir die Saiten selbst und lassen Länge und Span-

nung unverändert, so sehen wir ferner noch: 3) Je dicker eine Saite ist, desto tiefer ist ihr Ton; und 4) je mehr specifisches Gewicht eine Saite hat, desto tiefer ist ihr Ton. Um das specifische Gewicht der Saiten zu vermehren, werden sie übersponnen.

Eine besonders merkwürdige Erscheinung bei Saiteninstrumenten ist das Mitklingen solcher Töne, welche nicht angeschlagen werden; z. B. zu C klingen mit g und ē.

Was nun die Anzahl der Schwingungen selbst betrifft, so ist zu merken:

16 Schwingungen in einer Secunde geben den tiefsten hörbaren Ton; 192 die tiefste Männerstimme; 1720 die höchste weibliche Stimme; 24,000 den höchsten vernehmbaren Ton. — Diese Schwingungen werden natürlich nicht gezählt, sondern berechnet.

§. 3. Schwingungen gespannter Häute.

Bei Trommeln, Pauken 2c. erregen die Schwingungen gespannter Häute den Ton. Die Höhe und Tiefe des Tones hängt bei diesen ab: von der Gestalt, dem Gewichte und der Spannung der Haut. Bei den Pauken sind es die Schrauben, bei den Trommeln die Schnüre, welche die Spannung bewirken.

§. 4. Schwingungen gerader und gekrümmter Stäbe.

Diese beobachten wir an folgenden Dingen:

a) Eisenvioline oder Stahlharmonika. Auf einem Resonanzboden stehen mehrere eiserne Stifte in einem Halbkreise und werden vermittelst eines stark geharzten Bogens in Schwingungen versetzt.

b) Spieluhren und Spieldosen. Elastische Federn vertreten hier die Stelle der schwingenden Stäbe.

c) Mundharmonika. Bei ihr sind es ebenfalls Federn, die in Schwingungen versetzt werden.

d) Stimmgabel. Sie gleicht einem gebogenen Stabe, dessen zwei Schwingungsknoten gegen die untere Krümmung einander sehr nahe liegen.

e) Maultrommel. Bei ihr wird die im Munde eingeschlossene Luftsäule durch die Schwingungen einer elastischen Feder in Wellenbewegung gebracht. Durch die Bewegung der Zunge wird die Mundhöhle bald vergrößert, bald verkleinert, wodurch Töne von verschiedener Höhe erzeugt werden können.

§. 5. Schwingungen gerader und gekrümmter fester Flächen.

Zu den gekrümmten tönenden Flächen gehören alle Glocken, Trinkgläser u. dgl. Die ebenen Flächen sind eckige oder runde Scheiben aus Glas, Metall, oder Holz. Bestreut man diese Scheiben mit feinem Sande und streicht sie mit einem stark geharzten Violinbogen an, so bilden sich verschiedene Gruppirungen in diesem Sande, je nachdem die Scheibe an einer anderen Stelle gestrichen oder während des Streichens unterstützt wurde. Jede verschiedene Gruppirung ist auch von einem andern Tone begleitet. Man nennt dieselben nach ihrem Entdecker Chladni'sche Klangfiguren. — Das Wichtigste, was an denselben beobachtet und erwiesen wird, ist die Thatsache, daß nie alle Theile eines schallenden Körpers zugleich in Schwingung gesetzt werden, sondern daß, während die einen schwingen, andere in Ruhe bleiben. Die schwingenden Stellen nennt man Schwingungsbögen, die in Ruhe gebliebenen werden Schwingungsknoten genannt.

Die nämliche Beobachtung macht man auch an schwingenden Saiten, wenn man auf dieselben sogenannte Reiterchen von Papier (d. h. dünne Papierstreifen) setzt. Die auf den Schwingnngsbögen befindlichen werden abgeworfen, die auf den Schwingungsknoten bleiben darauf. — Auch bei Glocken 2c. bemerkt man dieses durch aufgestreuten feinen Sand.

§. 6. Blaseinstrumente.

In den Blaseinstrumenten erzeugen die Schwingungen der Luftsäule, welche im Instrumente erzeugt werden, und das Mitschwingen des Metalles oder Holzes, aus dem sie verfertigt sind, den Ton. Die Klappen und Löcher, mit denen viele derselben versehen sind, dienen dazu, die Schwingungsknoten zu verändern

und damit auch die Länge der Schallwellen oder Schwingungsbögen zu vergrößern oder zu vermindern, wodurch die Tiefe oder Höhe der Töne hervorgerufen wird. Bei Trompeten und andern Instrumenten ohne Klappen und Seitenöffnungen wird die Höhe oder Tiefe des Tones durch die Verschiedenheit im Ansatz des Mundes, also den engeren oder breiteren Luftstrom erzeugt.

§. 7. Resonanz.

Die Töne, welche durch die Schwingung von Saiten und andern Körpern entstehen, sind in der Regel für sich sehr schwach und erhalten erst ihre Stärke durch das Mitschwingen des Körpers, an welchem sie befestigt sind, oder auf welchen sie gestellt werden (z. B. Stimmgabel in der bloßen Hand und auf einem Tische ꝛc.)

Diese Mittheilungen des Schalles von tönenden Körpern an andere nennt man die Resonanz. Darauf beruht die Wichtigkeit der Resonanzböden bei Klavieren ꝛc. Je trockener, elastischer, gleichgefaserter das Holz ist, aus dem sie bestehen, desto mehr ist auf Stärke und Wohllaut des Tones zu rechnen.

Die Resonanz erstreckt sich auch auf Körper, welche nicht unmittelbar mit dem tönenden Körper in Verbindung stehen. Wenn zwei neben einander befestigte Saiten gleich hoch gestimmt sind, und man schlägt die eine an, so schwingt die andere so stark mit, daß kleine Reiter von Papier, die man darauf gelegt hat, herabfallen. Dieß ist nicht der Fall, wenn beide Saiten nicht im Einklange stehen; wohl aber, wenn ihr Intervall eine Octave beträgt. — Wenn man eine Stimmgabel auf den Rand eines Kahnes setzt, während sie im Tönen begriffen ist, so hört man sie ganz deutlich unter dem Wasser, selbst in der Entfernung von mehreren Schritten. Hier werden also die Schwingungen des festen Körpers dem Wasser mitgetheilt; aber auch die Luft setzt feste Körper in schwingende Bewegung, wie man an der Aeolsharfe, an dem Mitklingen der Fensterscheiben beim Vorüberziehen einer Militärmusik und in vielen andern Fällen bemerken kann.

Hieher möchte auch die Entdeckung gehören, daß zwei vollständige Uhrwerke, welche in ihrem Gange nicht sehr von einan-

der abweichen, bald einen vollkommen übereinstimmenden Gang annehmen, wenn man sie an einem und demselben Metallboden befestigt.

§. 8. Fortpflanzung des Schalles.

Das gewöhnliche Fortpflanzungsmittel des Schalles ist die Luft. Daß aber auch alle andern Körper den Schall fortzuflanzen vermögen, beweisen unter anderem: das Hören unter dem Wasser, die Wahrnehmung des Ganges einer Taschenuhr durch einen langen Stab und des Donners der Kanone durch die Erde. — Der Schall pflanzt sich in wellenförmigen Schwingungen fort, verbreitet sich aber nach allen Richtungen gleichmäßig, so lange er nicht irgendwo unterbrochen wird.

Eine der wichtigsten Anwendungen der Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper ist das Stethoskop. Es besteht aus einem 1 Fuß langen und 1¹/₄ Zoll dicken Cylinder von hartem Holze, welcher am einen Ende flach, am andern etwas ausgehöhlt ist. Indem die Aerzte das eine Ende desselben auf den kranken Theil des Körpers setzen und das Ohr an das andere Ende halten, erkennen sie die Anwesenheit innerer Höhlungen aus der eigenthümlichen Beschaffenheit des wahrgenommenen Geräusches.

§. 9. Stärke des Schalles.

Die Stärke des Schalles nimmt im Quadrat ab, wie die Entfernung einfach zunimmt; d. h. bei 2, 3, 4facher Entfernung ist der Schall 4, 9, 16mal schwächer. Die Stärke des Schalles hängt also 1) von der Entfernung ab.

In kalten Zimmern tönen Instrumente stärker, als in geheizten, auf hohen Bergen knallen abgeschossene Pistolen kaum wie Schlüsselbüchsen — wegen der geringeren Dichtigkeit der Luft. Wenn man einen silbernen Löffel oder eine Feuerzange rc. an eine Schnur bindet, beide Enden der Schnur entweder zwischen die Zähne nimmt, oder in beide Ohren hält und nun Löffel oder Feuerzange gegen einen festen Körper schlagen läßt: so glaubt man den Schall einer großen Glocke zu vernehmen — weil die fortleitende Schnur

ein dichteres Mittel ist, als die Luft. Die Stärke des Schalles hängt also 2) von der Dichte des fortleitenden Mittels ab. — In den Polargegenden versteht man eine starke Menschenstimme auf 7000 Fuß, bei uns nur auf 800 Fuß. Einen Kanonenschuß hört man auf 21 — 22 Meilen, einen Flintenschuß auf 8000 Schritte, eine Escadron Cavallerie oder schweres Geschütz im Trapp auf 2400 Fuß.

In Zimmern, wo viele Gegenstände an den Wänden sind, oder die Wände mit doppelten Tapeten oder Tuch überzogen sind, ist unsere Stimme viel dumpfer und schwächer, als in leeren Räumen. Vor die Schalllöcher der Hörner und Trompeten hält der Bläser die Hand, wenn sie minder stark tönen sollen; in gleicher Absicht steckt der Trommler an das entgegengesetzte Fell ein Tuch. Wir erkennen daraus, daß die Stärke des Schalles 3) von der Umgebung des schallenden Körpers abhängt.

Die Ursache, warum man bei Nacht den Schall weiter und stärker hört, als bei Tage, mag in manchen Fällen von dem Aufhören des Lärmes, und daher rühren, daß, wenn der Sinn des Gesichtes ruht, der des Gehöres um so schärfer ist. Doch bewirkt die ungleichförmige Erwärmung der Luft bei Tage in den meisten Fällen die Schwächung des Schalles; denn indem er bald durch dünnere, bald durch dichtere Luftschichten gehen muß, wird er immer geschwächt.

§. 10. Geschwindigkeit des Schalles.

Die Geschwindigkeit des Schalles ist 1) gleichförmig, d. h. der Schall legt in gleichen Zeiten gleiche Wege zurück. 2) Hohe und tiefe, starke und schwache Töne pflanzen sich gleich schnell fort. 3) Das Mittel, durch welches der Schall fortgepflanzt wird, erhöht oder verringert dessen Geschwindigkeit. Je dichter das Fortpflanzungsmittel ist, desto geschwinder geht der Schall fort. Wenn man an einem Ende einer langen Metallröhre einen Hammerschlag führt, so hört man auf der entgegengesetzten Seite einen doppelten Schall: der erste wurde durch das dichtere Metall, der zweite durch die dünnere Luft dem Ohre zugeführt.

4) Die Geschwindigkeit des Schalles ist auch durch den Thermometerstand bedingt: bei ÷ 10° legt der Schall in 1 Secunde 1000 Fuß zurück, bei 0° 1024, bei + 10° 1048, bei + 20° 1072, bei + 30° 1096 Fuß. Dies scheint mit dem vorigen in Widerspruch zu stehen, da ja die Wärme die Luft verdünnt; allein die Wärme macht zugleich die Luft elastischer und eben dadurch zur schnelleren Fortleitung des Schalles geschickter.

Als Durchschnitt aller dieser Zahlen können wir für die Geschwindigkeit des Schalles in 1 Secunde 1050 Fuß annehmen. — Die Geschwindigkeit des Schalles hängt 5) vom Winde ab, indem es leicht einleuchtet, daß er sich in der Richtung des Windes schneller fortpflanzt, als in der entgegengesetzten.

Anm. 4 Pulsschläge können 3 Secunden ohngefähr gleich sein; multiplicirt man die Anzahl der Secunden, welche zwischen Blitz und Donner verstreichen, mit **1050**, so weiß man die Entfernung eines Gewitters in Fußen, deren **24000** auf eine deutsche Meile gehen. — Ebenso bei Kanonen, bei Schiffen, welche Signale geben ꝛc.

§. 11. Zurückwerfung des Schalles.

Wenn die Schallwellen in ihrem Fortgange durch eine entgegenstehende Wand gehindert werden, so gehen sie von dieser Wand aus zurück oder werden zurückgeworfen (reflectirt). Eine deutlich vernehmbare Reflexion des Schalles nennen wir Echo. — Das Ohr kann in einer Secunde ungefähr 9 Silben unterscheiden. Der Schall macht in einer Secunde 1050 Fuß. Die erste Silbe eines 9silbigen Wortes wird also von einer reflectirenden Wand, welche halb so weit, nämlich 525 Fuß entfernt ist, wieder zurückkommen, wenn gerade die letzte verhallt ist. Wäre die Wand näher, so würde das Aussprechen der letzten Silbe das Hören der ersten zurückkommenden Silbe stören. Es läßt sich nun leicht einsehen, daß ein einsilbiges Echo schon an einer Wand entstehen kann, welche wenigstens den neunten Theil von 525 Fuß oder $58^1/_3$ Fuß entfernt ist (in runder Zahl 60 Fuß). Eine Wand, welche ein 2, 3, 4silbiges Echo geben soll, muß 2, 3, 4mal so weit entfernt sein.

Hieraus erklärt es sich, warum in einem gewöhnlichen Zimmer kein Echo gehört wird; da jedoch die Entfernung der Wände so beschaffen sein kann, daß jede Schallwelle, nachdem sie von den Wänden 2mal zurückgeworfen worden ist, mit der folgenden von dem schallenden Körper herkommenden zusammentrifft, so kann auch die Stärke des Schalles sehr vergrößert werden. Daher hat jedes Zimmer seinen eigenthümlichen Ton, und deßhalb ist in manchen Zimmern der Ton einer Stimme ausgiebiger, als in andern, worauf jedoch auch das Mittönen der Wände Einfluß hat.

Der **Nachhall** bildet sich ganz in derselben Weise, wie das Echo; nur sind bei ihm die reflectirenden Wände dem tönenden Körper zu nahe, als daß er sich von dem Urschalle unterscheiden ließe. Das Unangenehme und Störende, welches ihn oft in Gebäuden begleitet, kann durch das Bedecken der Wände mit rauhen oder unelastischen Körpern beseitigt werden.

Das Picken einer Taschenuhr, welche in den Brennpunkt eines Hohlspiegels gebracht wird, wird im Brennpunkte eines gegenüberstehenden Hohlspiegels gehört, aber nicht mitten zwischen beiden Hohlspiegeln.

Concave Wände vereinigen alle Schallwellen, von denen sie getroffen werden, in einem vor ihnen liegenden Punkte. Dies geschieht z. B. in den Steinbrüchen bei Syrakus, an einer Stelle, das Ohr des Dionysius genannt. Es soll sonst zum Gefängniß gedient haben und es wird erzählt, das leiseste Wort sei zum Geschrei, ein gewöhnliches Husten zum donnerähnlichen Getöse, das Ausschlagen eines Taschentuches fast zum Knall einer losgebrannten Pistole verstärkt worden. — Zimmer oder Säle, welche absichtlich so gebaut sind, daß man das in einem Brennpunkte Gesprochene im andern Brennpunkte am deutlichsten vernimmt, heißen Sprachgewölbe. Ein solches ist in der Sternwarte zu Paris. Der innere Umfang der Kuppel der Peterskirche in Rom und der Kuppel der Paulskirche in London bietet eine ähnliche Erscheinung.

Wenn ein Schall zwischen parallelen Wänden erzeugt wird, welche die gehörige Entfernung haben, so kann er zuweilen sehr oft reflectirt werden. Dadurch entsteht dann ein **vielfaches Echo**.

Beispiele dieser Art sind: a) das 17fache Echo des Lurleyfelsen am Rhein. b) Bei Adersbach in Böhmen stehen einige 1000 Felsstücke wirr neben einander. Eine Menschenstimme wird 3mal, ein Pistolenschuß 7mal wiederholt. Einige Secunden hernach kommt von der rechten Seite ein Knall ähnlich einem Donnerschlage, hallt in dumpfen Stößen schwach nach und verliert sich endlich ganz. Noch sind aber nicht 20 Secunden vergangen, so hört der Beobachter von der linken Seite her einen ähnlichen Knall und nimmt zugleich aufs deutlichste wahr, wie dieser zugleich nach oben hin steigt. c) Etwas Aehnliches bietet der Königssee. d) Auf der Villa Simonetta bei Mailand wird durch zwei parallele Seitenflügel die letzte Silbe eines stark ausgesprochenen Wortes 40mal, ein Pistolenschuß 60mal zurückgeworfen. e) In der Mitte des Königsplatzes zu Kassel hört man eine Silbe 9mal.

Auf der Reflexion beruht ferner:

1) Das Communicationsrohr. Es ist ein Rohr von gleicher Weite. Da die Schallwellen durch die Wand desselben verhindert sind, sich auszubreiten, so gehen sie mit fast unveränderter Stärke darin fort. Biot hörte auf eine Länge von 3000 Fuß ein leises Gespräch durch die Röhre einer Wasserleitung. Auf Schiffen benützt man das Communicationsrohr sehr häufig, um aus der Cajüte des Capitains von der Schildwache im Mastkorbe Erkundigungen einzuziehen; ebenso in großen Etablissements (Druckereien, Fabriken 2c.), um das Hin- und Herlaufen aus einem Zimmer in das andere zu ersparen. Eine besondere Anwendung des Communicationsrohres ist „das unsichtbare Mädchen."

2) Das Sprachrohr. Es besteht meist aus einem ausgehöhlten Kegel und ist da, wo sich sonst die Spitze befindet, abgestumpft und mit einem Mundstück begabt. In ihm werden die Schallwellen in der Richtung der Achse fortgeleitet. Eine starke Männerstimme, welche man ohne diese Verstärkung 400 Fuß weit vernimmt, kann man dadurch bis auf eine Entfernung von 18000 Fuß hören.

3) Das Hörrohr ist nur ein umgekehrtes (gewöhnlich gekrümmtes) kleines Sprachrohr. Der Schall wird dadurch verstärkt,

daß eine größere Menge Schallwellen durch dasselbe aufgefangen und nach dem engern Theile, in welchem sich das Ohr befindet, hingeleitet wird. Unsere Ohrmuschel ist eigentlich nichts anderes, als ein natürliches Hörrohr.

Siebenter Abschnitt.

Die Wärme.

§. 1. Wesen und Erzeugung der Wärme.

Wärme ist entweder ein bekanntes Gefühl; oder der Zustand der Körper, in welchem sie dieses Gefühl erregen; oder die unbekannte Ursache jenes Gefühls und dieses Zustandes. Ob diese Ursache ein Stoff sei, oder nur eine Thätigkeit der Körper, erregt durch Schwingungen des Aethers, ist noch nicht entschieden; doch neigen sich alle neueren Physiker mehr zur letztern Ansicht. Den verschiedenen Grad der Wärme bezeichnet man mit dem Worte Temperatur. — Die Wärme wird erzeugt:

1) durch die Sonne. Sie ist aber kein Feuer, ihr Licht verstärkt nur die Wärmethätigkeit, die in jedem Körper mehr oder weniger vorhanden ist. Daß die Sonnenstrahlen nicht durch sich selbst erwärmen, erhellt schon daraus, daß es an der Oberfläche der Erde wärmer ist, als auf hohen Bergen. Durch Brenngläser kann die Wärme der Sonnenstrahlen so verdichtet werden, daß sie nicht nur Schwamm ꝛc. anzündet, sondern auch Metalle schmelzt und Diamanten vernichtet (in Kohlenstoffgas verwandelt).

2) Durch Reibung. Dies sehen wir schon an unsern Händen im Winter; an Seilen, Sägen und Bohrern, wenn sie lange fortgesetzt in Gebrauch sind; an Mühlsteinen, wenn sie leer gehen; an den Axen der Wägen; an der Art, wie sich die Wilden Feuer verschaffen durch schnelles Aneinanderreiben zweier Hölzer. Die Drechsler versehen mittelst eines Stückchens recht harten Holzes anderes Holz mit verkohlten schwarzen Ringen.

3) Durch Stoß. Eisen wird durch Hämmern heiß. Beim

Feuerschlagen werden Theilchen des Stahles glühend, wodurch sie den Zunder anzünden.

4) Durch Zusammendrücken. Im pneumatischen Feuerzeuge (Fig. 21) wird der an der Innenseite des Stempels a hängende Zunder durch schnelles Zusammendrücken der Luft entzündet.

5) Durch Verbrennung und andere chemische Prozesse. Letzteres erkennt man, wenn man kaltes Wasser auf ungelöschten Kalk gießt; wenn man Schwefelsäure und Wasser zusammengießt; wenn man Schwefelsäure und Salpetersäure vermischt und dann in Terpentinöl schüttet. Heu und Grummet naß in die Scheunen gebracht und fest aufeinander geschichtet, ebenso feuchtes Getreide in Magazinen, Mist (besonders Taubenmist), Caffee und Cichorien warm verpackt, — Hanf, Flachs, graue Leinwand, Wolle &c. mit Oel oder Fett begossen und fest eingepackt; feuchte Säge- und Eisenfeilspäne gerathen in große Hitze und entzünden sich von selbst.

6) Durch den Lebensproceß bei Menschen und Thieren; sie beträgt beim Menschen 29 — 30° R.

§. 2. Ausdehnung durch Wärme.

Schon aus §. 4 des ersten Abschn. ist es bekannt, daß die Wärme alle Körper ausdehnt. Die scheinbare Ausnahme, welche Obst, Holz, Thon &c. machen, indem sie, der Wärme ausgesetzt, einen geringern Umfang einnehmen, erklärt sich aus dem Umstande, daß die wässerigen Theile, welche sie enthalten, durch die Wärme verdunstet und dadurch die Körpertheilchen näher an einander gerückt werden. Auch daß das Wasser im Augenblicke des Gefrierens einen größern Raum einnimmt als vorher, ist keine Ausnahme von obigem Gesetz, denn diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daß die Waſſertheilchen beim Gefrieren sich krystallinisch ordnen, wozu sie einen größern Raum brauchen; weßhalb ja auch Eis leichter ist als Wasser und auf demselben schwimmt. —

Die elastischen Flüssigkeiten dehnen sich bei allen Temperaturen gleichmäßig aus, die festen Körper höchstens zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt, die tropfbaren auch innerhalb dieses

Raumes nicht; nur das Quecksilber macht von letzterem eine Ausnahme und dehnt sich innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrade wohl unter allen Körpern am gleichmäßigsten aus.

Denken wir uns die folgenden Körper alle von gleichem Umfange und ihre Länge in 100,000 gleiche Theile getheilt, so dehnen sich dieselben bei gleicher Temperaturerhöhung um so viele solcher Theile aus, als die beigesetzten Zahlen angeben: Glas 83, Gold 94, Stahl 122, Eisen 125, Kupfer 170, Silber 189, Messing 193, Zinn 248, Blei 286, Quecksilber 1850, Wasser 4517, Leinöl 7200, Weingeist 8700, Luft 40,300.

Die Kraft der Ausdehnung ist sehr bedeutend; deßwegen hat man bei Zusammensetzung von Röhrenleitungen ꝛc. Vorsicht anzuwenden, um Raum zur Ausdehnung übrig zu lassen. Man wendet deßhalb zur Verbindung der Röhren Bleistreifen an, weil diese sich bei der Ausdehnung jener zusammendrücken lassen.

Dehnen sich nicht alle Theile eines Körpers gleichmäßig aus, so reißen sie auseinander, wie z. B. Gläser, wenn man sie mit heißem Wasser füllt, oder auf den warmen Ofen stellt. Wasser dehnt sich durch die Wärme so sehr aus, daß manche Gegenstände, die auf kaltem schwimmen, in heißem untersinken. Abgekühlt ziehen sich die Körper natürlich wieder zusammen; deßwegen halten eiserne Reife so fest am Rade, wenn sie glühend um dasselbe geschlagen wurden; gegossene Löffel füllen ihre Form nicht mehr aus, wenn sie abgekühlt sind.

§. 3. Das Thermometer.

Durch die gleichmäßige Ausdehnung, welche man am Quecksilber beobachtet hat, eignet sich dasselbe sehr gut, die Wärme zu messen. Man nimmt zu dem Ende eine enge Glasröhre, mit einer am einen Ende angeblasenen Kugel, füllt sie mit Quecksilber, macht den obern Theil der Röhre möglichst luftleer und schmilzt sie dann oben zu. Bei steigender Wärme muß das Quecksilber sich ausdehnen und steigen, bei abnehmender sich zusammenziehen und fallen. Eine neben oder an der Röhre angebrachte Skala bestimmt dieses Steigen und Fallen genau. Auf dieser ist bei dem in Deutsch-

land am gebräuchlichsten Reaumür'schen Thermometer der Punkt mit 0 bezeichnet, auf welchem die Oberfläche des Quecksilbers dann steht, wenn man es in schmelzenden Schnee eintaucht. Dieser Punkt heißt Gefrierpunkt. Der Raum von da bis zu dem Punkte, auf welchen das Quecksilber steigt, wenn es in siedendes Wasser eingetaucht wird (Siedepunkt), ist in 80 Grade eingetheilt. Der Raum unterhalb des Gefrierpunktes ist gleichfalls in solche Grade eingetheilt, gewöhnlich 32. Die Grade über dem Gefrierpunkte bezeichnet man mit + (plus), die unter demselben mit — (minus).

In Schweden und Frankreich ist das Celsius'sche oder Centesimalthermometer gebräuchlich, auf welchem der Raum zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt in 100 Grade getheilt ist.

In England wird vorzugsweise das Fahrenheit'sche Thermometer gebraucht, auf welchem zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt 180 Grade sind; 32 Grade unter dem (natürlichen) Gefrierpunkte aber ist der künstliche Gefrierpunkt, mit 0 bezeichnet, so daß die ganze Skala 212 Grade hat.

In Rußland ist zum Theil das de l'Jsle'sche Thermometer gebräuchlich, auf welchem der Siedepunkt mit 0, der Gefrierpunkt mit 150 bezeichnet ist.

Eine Zusammenstellung sämmtlicher Thermometerskalen siehe Fig. 22. Verwandlung der einen Skala in die andere durch einfache Rechnung.|

Der Erfinder des Thermometers ist Cornelius Drebbel, ein holländischer Landmann, 1630.

§. 4. Wärmeleitung.

Alle Körper nehmen Wärme an, verbreiten sie in sich nach allen Seiten und geben sie wieder an andere Körper ab. Wenn dies schnell geschieht, heißt der Körper ein guter Wärmeleiter, und solche sind hauptsächlich die Metalle in folgender Ordnung: Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Platina, Eisen, Stahl, Blei, und diesen reihen sich an: Steine, Ziegel, Glas. — Geschieht aber die Verbreitung und Mittheilung der Wärme langsam, so heißt der Körper ein schlechter Wärmeleiter, und solche sind Federn, Haare, Wolle, Stroh, Heu, Holz, Kohlen, Horn, Schnee. Ruhige Luft gehört

auch zu den schlechtesten Wärmeleitern, eben so gehören die übrigen flüssigen Körper (Quecksilber ausgenommen) mehr zu den schlechten als zu den guten. Hieraus erklären sich mit Leichtigkeit folgende Thatsachen: Wollene Kleider, Pelze, Betten rc. halten uns warm. Lehmhütten mit Stroh gedeckt, sind im Winter wärmer, im Sommer kühler, als gemauerte, mit Ziegel gedeckte Häuser. Bäume, Pumpbrunnen rc. werden im Winter mit Stroh umwickelt; vor Kellerfenster legt man Stroh und Mist; die Eisgruben werden mit Holz ausgeschlagen; metallene Geschirre haben hölzerne Griffe. Auf Steinen schmilzt der Schnee früher, als auf Holz, eiserne Oefen heizen schneller, thönerne halten länger warm. Zwischen den Doppelfenstern ist eine Luftschicht, welche als schlechter Wärmeleiter die schnelle Abkühlung des Zimmers verhütet. Aus dem nämlichen Grunde sind die besten Ofenschirme doppelt papierne, so daß eine dünne Luftschicht eingeschlossen ist. Ein Rauchkerzchen brennt auf Holz ganz aus, auf Metall nicht. Glühende Kohlen kann man in der Hand auf untergestreuter Asche tragen. Wenn man ein Glas auf den warmen Ofen stellt, legt man Papier unter; Blei kann man in einer Spielkarte schmelzen. Ein zinnerner Löffel schmilzt über dem Feuer nicht, so lange Wasser darin ist.

In kochenden Flüssigkeiten steigen die erwärmten untern Theile in die Höhe und theilen ihre Wärme den obern mit, wodurch fortwährende Störung in der Flüssigkeit entsteht. Sieden. Luft- und Wasserheizung. Oberhalb des Ofens aufgehängte Papierstreifen zeigen die Strömung der erwärmten Luft sehr deutlich. Niedrige Stuben heizen sich leichter, als hohe. Töpfe mit überall gleicher Weite sind den bauchförmigen vorzuziehen.

Die **Farben** machen einen großen Unterschied in der Wärmeleitung. Schwarze Oefen heizen schneller, als weiße; diese halten aber länger warm. Franklin legte auf von der Sonne beschienenen Schnee Tuchläppchen von verschiedener Farbe: unter dem schwarzen war nach einiger Zeit am meisten, unter dem weißen am wenigsten Schnee geschmolzen. Versieht man ein Blech auf der einen Seite mit einem dünnen Wachsüberzuge, bringt auf der andern verschiedene farbige Streifen an und setzt diese den

Sonnenstrahlen aus, so schmilzt unter dem schwarzen Streifen das Wachs am ersten, unter dem weißen zuletzt. Deßwegen tragen wir auch im Winter dunkle, im Sommer helle Kleider und streichen die Wände an Obst- und Rebenspalieren dunkel an. Ein Thermometer, dessen Kugel mit Lampenruß geschwärzt ist, ist empfindlicher, als ein gewöhnliches.

Auch die Rauhigkeit der Körper begründet einen nicht geringen Unterschied der Wärmeleitung, und es gilt hier das Gesetz, daß ein Körper die Wärme um so besser leitet, je rauher er ist. Füllt man einen metallenen Würfel, dessen eine Seite gut polirt, die zweite mattgeschliffen, die dritte mit Goldschlägerhäutchen bedeckt, die vierte berußt ist, mit heißem Wasser und hängt jeder Seite ein empfindliches Thermometer gegenüber, so wird man dieses bestätigt finden. Die Röhren, die durch Wasserdampf oder erwärmte Luft heizen, sind an den Stellen, wo sie Wärme mittheilen sollen, mit Graphit überzogen; wo keine Mittheilung der Wärme stattfinden soll, gut polirt.

§. 5. Strahlende und reflectirte Wärme.

Durch die Wärme eines geheizten Ofens thauen im Winter die gefrornen Fenster auf; stellt man aber einen Schirm vor das Fenster, so geschieht dieß weit langsamer. Erwärmt man eine Metallkugel, so wirkt sie auf ein sehr empfindliches Thermometer in ziemlicher Entfernung; bringt man aber zwischen Beide einen Schirm, so hört die Wirkung auf. Beide Thatsachen beweisen, daß die Wärme sich in der Luft strahlend fortpflanzt. Die Wärmestrahlen lassen sich durch concave Gläser vereinigen (Brenngläser). Stellt man zwei Hohlspiegel in einer Entfernung von 10 bis 12 Fuß einander gegenüber und bringt in den Brennpunkt des einen eine glühende Kohle, in den Brennpunkt des andern ein Thermometer, so steigt es; dies ist aber nicht der Fall, wenn man letzteres der Kohle mehr nähert. Hier müssen also die von der Kohle ausgehenden Wärmestrahlen vom ersten Hohlspiegel dem zweiten gesendet, und von diesem in dessen Brennpunkt wieder vereinigt worden sein. Thut man hingegen in den Brennpunkt

des ersten Eis, so sinkt das Thermometer. Wir erkennen daraus, daß die Wärmestrahlen auch zurückgeworfen (reflectirt) werden. Eine zweckmäßige Nachahmung dieser Hohlspiegel sind die parabolischen Nischen hinter vielen Stubenöfen. — Auch durch mehrere zweckmäßig gestellte ebene Spiegel lassen sich die Wärmestrahlen zu erstaunlicher Wirkung vereinigen, und auf diese Weise soll Archimedes die im Jahre 212 v. Ch. Syrakus belagernde römische Flotte des Marcellus angezündrt haben.

§. 6. Wärmecapacität.

Berühren einander zwei gleichartige Körper von verschiedener Temperatur, so theilt der wärmere dem weniger warmen so lange Wärme mit, bis sie beide gleiche Temperatur haben. Sind die Massen beider Körper gleich, so verliert der eine genau so viel Wärme, als er dem andern mittheilt. — Anders verhält es sich, wenn die beiden Körper verschiedenartig sind:

a.	1 ℔ Wasser von 100° und 1 ℔ Quecksilber von 78°	geben nicht 89°, sondern 99°.
	1 ℔ Wasser von 78° und 1 ℔ Quecksilber von 100°	geben nicht 89°, sondern 79°.
b.	1 ℔ Wasser von 70° 1 ℔ Leinöl von 100°	geben nicht 85°, sondern 80°.
	1 ℔ Wasser von 100° 1 ℔ Leinöl von 70°	geben nicht 85°, sondern 90°.
c.	1 ℔ Wasser von 0° 1 ℔ Eisen von 36°	geben nicht 18°, sondern 4°.
	1 ℔ Wasser von 36° 1 ℔ Eisen von 0°	geben nicht 18°, sondern 32°.

Bei a verliert das Wasser 1°, während das Quecksilber 21° gewinnt, und das Wasser gewinnt 1°, bis das Quecksilber 21° verliert. Es braucht also 21mal so viel Wärme, als das gleiche Gewicht Quecksilber, um den nämlichen Wärmegrad zu erreichen, und wir sagen: die Wärmecapacität (Wärmefassungsvermögen) des Wassers ist 21mal so groß, als die des Quecksilbers; ist die des Wassers = 1, so ist die des Quecksilbers = $^1/_{21}$. — Bei b ver-

liert das Leinöl 20°, bis das Wasser 10° gewinnt, und das Leinöl gewinnt 20°, bis das Wasser 10° verliert. Es ist also die Wärmecapacität des Leinöls = $^1/_2$. Nach c ist die Wärmecapacität des Eisens = $^1/_8$. — Je größer die Wärmecapacität eines Körpers ist, desto mehr Aufwand an Wärme bedarf es, um ihm einen gewissen Grad von Hitze zu ertheilen.

§. 7. Freie und gebundene Wärme.

Jeder Körper, der erwärmt wird, nimmt Wärme auf oder bindet Wärme und diese entzieht er natürlich seiner Umgebung, daher diese abkühlt. Jeder Körper, der abkühlt, entläßt Wärme, diese wird frei, theilt sich der Umgebung mit und wird unserm Gefühl wahrnehmbar. Bindung von Wärme findet immer statt, so oft ein fester Körper flüssig, ein flüssiger luftförmig wird (Eis, Wasser, Dampf). Wärme wird frei auf dem umgekehrten Wege.

Wenn man mit Weingeist oder Aether die Hand netzt, wenn man aus dem Bade steigt, in nassen Kleidern, — fühlt man Kälte, weil die verdunstende Flüssigkeit Wärme bindet und sie unserm Körper entzieht. So werden durch Wassersprengen Zimmer und Strassen im Sommer abgekühlt; Wasser, Wein ꝛc. werden abgekühlt, indem man sie in nasse Tücher schlägt und der Sonnenwärme aussetzt.

In den südlichen Ländern hat man Kühlgefäße von porösem Thon. In Ungarn kühlt man den Wein in Flaschen ab, indem man diesen in feuchte, lockere Erde gräbt und darüber Feuer macht. Wenn man über Feuer ein Gefäß mit Schnee hält und in diesen ein Schälchen mit Wasser setzt, so gefriert dieses Wasser, indem der Schnee schmilzt. Heiße Gegenstände werden mit nassen Tüchern angefaßt. Lichter putzt man in Ermangelung der Lichtscheeren mit nassen Fingern. Umgekehrt steht das Thermometer unmittelbar über der gefrierenden Wasserfläche höher, als in weiterer Entfernung. Wasserdampf erhitzt den Deckel des Gefäßes, indem er sich in flüssige Form verwandelt. Ungelöschter Kalk wird beim Löschen erwärmt, weil das Wasser dabei in festen Zustand übergeht. Wenn gefrornes Obst ꝛc. in frisches Wasser kommt, überzieht es sich mit einer Eiskruste.

Jede Flüssigkeit kann daher auch, sobald sie kocht, nicht mehr heißer werden, indem alle noch zuströmende Wärme auf Verwandlung der Flüssigkeit in Dampf verwendet wird. Der Siedepunkt verschiedener Flüssigkeiten ist übrigens sehr verschieden; ebenso der Schmelzpunkt z. B. Eis schmilzt bei 0° R., Butter bei 10° R., Talg bei 33° R., Wachs bei 48° R., Zinn bei 214° R., Blei bei 340° R.

Je größer der Druck der Luft auf die Flüssigkeit ist, desto später kommt sie zum Sieden, deßhalb siedet alles auf hohen Bergen viel früher, als im Thale. Auf dem Montblanc siedet das Wasser bei 70°, unter dem Recipienten der Luftpumpe bei 30°, in der Toricellischen Leere bei 16°, im Pulshammer schon bei der Wärme der Hand.

§. 8. Verdunstung.

Viele feste und noch mehr alle flüssigen Körper verwandeln bei jeder Temperatur einen Theil ihrer Masse in Luftgestalt. Dies nennt man Verdunstung. Sie dauert so lang, bis die den Körper umgebende Luft gesättigt ist. Flüssigkeiten verdunsten nur an der Oberfläche. Vergrößerung der letzteren und Luftzug befördern die Verdunstung. Wir benützen die Verdunstung beim Aufhängen der Wäsche und gefärbter Tücher, beim Trocknen des Heues und des Getreides, beim Abkühlen der Speisen durch Blasen und durch Umrühren. Vor einem Gewitter ist die Atmosphäre mit Dünsten gesättigt und unsere Ausdünstung verhindert; daher erscheint uns die Luft so schwül. Indem man den benetzten Finger in die Höhe hält, kann man die Richtung des Windes bestimmen.

So lange das Wasser in der Atmosphäre luftartig bleibt, heißt es Wassergas. Als solches ist es durchsichtig und läßt die Atmosphäre trocken. Sobald es aber durch Abkühlung oder Druck wieder zu Wasser wird, ist es undurchsichtig und macht feucht. In allen drei Reichen der Natur gibt es Körper, welche diese Feuchtigkeit anziehen, dadurch ihre Ausdehnung ändern, und uns auf diese Weise in den Stand setzen, die Feuchtigkeit der Luft zu beurtheilen.

Man nennt sie hygroskopische Substanzen. Solche sind z. B.: Haare (durch Auskochen in Lauge von ihrer Fettigkeit befreit) dehnen sich in die Länge aus, Holz und Fischbein in die Breite, Darmsaiten und Stricke in die Dicke, wobei sie kürzer werden (der Sixtinische Obelisk, aufgerichtet durch Fontana). Darauf gründet sich das holländische Hygrometer: in einem Häuschen steht eine männliche Figur mit einem Regenschirm und eine weibliche mit einem Fächer; beide sind durch eine an ihre Unterlage gespannte Darmsaite drehbar, bei trockenem Wetter verlängert sich die Saite und die weibliche Figur tritt aus dem Häuschen heraus, bei nasser Witterung verkürzt sich dieselbe und die männliche tritt hervor. Die Frauenzimmer, welche Locken tragen, wissen recht wohl, daß diese bei feuchtem Wetter schlecht halten (sich strecken). Auch Salz, Zucker, ungelöschter Kalk, Papier und Pergament ziehen die Feuchtigkeit der Luft an sich.

§. 9. Verdampfung.

Verdampfung ist die Verwandlung tropfbarer Flüssigkeiten in elastische durch höhere Hitzegrade. Unter Dampf versteht man daher einen ausdehnsam-flüssigen Körper, welcher durch Wärme aus dem tropfbar-flüssigen Zustand gebildet worden ist, und in seinem Zustande so lange verharrt, als die Wärme oder der einschließende Raum nicht vermindert wird. Man bedient sich des Dampfes

a) als Auflösungsmittel, um Farbstoffe auszuziehen ꝛc.

b) zur Fortpflanzung der Wärme, bei der Dampfheizung, wobei große Ersparniß an Brennstoff erzielt wird; um Wasser ꝛc. zu sieden, indem man vom Dampfkessel ein Rohr auf den Boden des Gefäßes führt, in welchem man sieden will; um Speisen zu kochen: zu diesem Zwecke genügt es schon, wenn man ein von Eisendraht geflochtenes Gefäß, in welches die zu kochende Speise kommt, so in einen gewöhnlichen Topf hängt, daß es etwa einen Zoll von dem mit Wasser bedeckten Boden des Letzteren entfernt ist. Im Papin'schen Topfe (1680) üben die Wasserdämpfe auf das Wasser einen so bedeutenden Druck aus, daß es zum Kochen einer ungemein hohen Temperatur bedarf (vergl. §. 7), so daß man Holz, Horn, Knochen in ihm zerkochen kann.

c) zur Bewegung von Maschinen: Worcester (1663) füllte einen Flintenlauf zu $^{3}/_{4}$ mit Wasser, schraubte ihn fest zu, brachte ihn über Feuer, und nach 24 Stunden zerplatzte er. Der Dampf, dessen Wirkung auf diese Weise dargethan war, wurde zuerst als bewegende Kraft zur Hebung des Wassers aus Bergwerken benützt. Papin (1688) verbesserte diese Vorrichtungen. Savery (1698) baute die erste Dampfmaschine. — Jonathan Hulls (1736) ist zwar der Erfinder der Dampfschiffe; aber der Erste, der ein Dampfschiff wirklich herstellte, war Perier 1775. Den ersten Dampfwagen machten Trevethick und Vivian 1804. — Die Hauptttheile einer Dampfmaschine sind: der Dampfkessel, der Cylinder, der Kolben und die Ventile.

§. 10. Die Hydrometeore oder wässerigen Lufterscheinungen.

Wenn sich zwei mit Dämpfen gesättigte Luftschichten von ungleicher Temperatur mit einander vermischen, so gestalten sich die Wasserdämpfe in der Atmosphäre zu wässerigen Niederschlägen. Diese bilden kleine Dampfbläschen, welche in der Nähe der Erdoberfläche als Nebel, in größerer Höhe als Wolken erscheinen. Während des Sommers schweben die Wolken durchschnittlich am höchsten, im Winter am niedrigsten. Nach ihren verschiedenen Gestalten haben sie verschiedene Namen. Federwolke (Cirrus), besteht meistens aus zarten Fäden, welche bald als feiner, weißlicher Federpinsel am Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen. Nach längerer heiterer Witterung sind sie gewöhnlich Vorboten eines Regens, der um so früher eintritt, je mehr die Wolkenfäden verwaschen erscheinen. Schichtenwolke (Stratus) ist eine oben und unten wagrecht begrenzte Nebelschicht, welche an heitern Sommertagen über Wiesen und Gewässern liegt, bei Untergang der Sonne sich bildet und bei ihrem Aufgange wieder verschwindet. Sie geht unter allen Wolken am tiefsten, während die Federwolke am höchsten geht. Haufenwolke (Cumulus) erscheint in der einfachsten Form als Halbkugel; bald aber häufen sich mehrere zusammen und erscheinen am Horizont einem Gebirge ähnlich. Diese Wolkenart

bildet sich im Sommer oft in großer Menge, ohne daß bei fortwährend dunkelblauem Ansehen des Himmels ein Regen zu befürchten wäre. Wand (Paries) ist eine Wolkenbank am westlichen Himmel, während der östliche noch blau ist; oben ist sie weißlich, unten mehr und mehr tiefgraublau und sie verbreitet sich nach und nach über den ganzen Himmel. Die untergehende Sonne erscheint mehr oder weniger blutroth durch diese Wolken. Dieses ist ein sicheres Vorzeichen von Regen, welcher noch während der Nacht, oder am folgenden Tage kommt.

Der Regen entsteht dadurch, daß die Dampfbläschen der Wolken durch schnelle Abnahme der Temperatur näher an einander treten, sich zu Tropfen vereinigen und nun vermöge ihrer Schwere zur Erde niederfallen. Ist die Abkühlung in den oberen Luftschichten sehr bedeutend, so gefrieren die Wassertropfen und fallen als Schloßen herab. Durch das Zusammenfrieren der Schlossen entsteht der Hagel. Nach den bisherigen Erfahrungen hagelt es fast nur im Sommer und selten zur Nachtzeit. — Im Winter nehmen die gefrierenden Wassertropfen die Form von äußerst kleinen nadelförmigen Krystallen an, welche sich bei ruhiger Luft zu sehr schönen Eissternchen verbinden, bei unruhiger Luft aber zerstückelt oder als Flocken zur Erde kommen (Schnee).

Der Thau ist ein wässeriger Niederschlag aus der Atmosphäre, der sich auf folgende Art bildet: nach Sonnenuntergang kühlt sich die Luft ab, es verwandelt sich das Wassergas der Luft zu Tröpfchen, welche aber nur über diejenigen Körper sich verbreiten, die kälter sind als die Luft, so daß sie desto mehr bethauen, je kälter sie sind. Je mehr aber ein Körper Wärme ausstrahlt, desto mehr kühlt er ab; daher bethauen alle schlechten Wärmeleiter wenig, viel aber Glas, Seide, Baumwolle, Gras und die niedern Pflanzen, für welche der Thau den Regen vertritt. Bleibt es in der Nacht so schwül, daß dieser Niederschlag der Wasserdämpfe nicht erfolgt, so ist zu erwarten, daß er dafür am folgenden Tage durch Wolkenbildung und Regen eintritt. Daher ist im Sommer ein starker Thau Vorbote eines heitern Tages. — Ist es im Frühling und Herbst so kalt, daß die Thautropfen gefrieren, so heißt dies Reif.

Achter Abschnitt.

Das Licht.

§. 1. Das Wesen des Lichtes.

Daß uns durch das Licht die Dinge sichtbar werden, ist Jedermann bekannt; aber worin das Wesen des Lichtes bestehe, das ist noch nicht entschieden. — Ist es ein eigenthümlicher, feiner Stoff, welcher von dem leuchtenden Körper ausgeht, unser Auge berührt und dadurch das Sehen bewirkt, so hat die von Newton zuerst aufgestellte Emanationshypothese Recht. Dann bestünde es aus materiellen Theilchen, welche zwar nicht dem Gesetze der Schwere, aber dem der Trägheit unterworfen wären, und das farbige Licht entstünde dadurch, daß die Theilchen, welche mehr Trägheit haben, sich von den andern trennen; im rothen Lichte hätten sie die größte, im violetten die geringste Trägheit. — Ist es aber nur eine Erregung einer das Weltall schon erfüllenden Materie (Aether), welche sich vom leuchtenden Körper schwingend fortpflanzt und endlich das Auge trifft, so hätte die von Descartes, Euler ꝛc. aufgestellte Vibrationstheorie Recht. Dann wäre ein leuchtender Körper ein solcher, der sich in hinreichend schnellen Schwingungen befindet, dadurch den Aether in fortschreitende Oscillationen versetzt und durch einen Stoß auf unser Auge die Empfindung des Sehens hervorruft. Dann hätte man Größe, Schnelligkeit und Richtung dieser Schwingungen zu unterscheiden, und rothes Licht entstünde durch ohngefähr halb so viel Schwingungen, als violettes; die Wellen des rothen Lichtes hätten darum die doppelte Länge von denen des violetten, da sich alle mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen.

§. 2. Quellen des Lichtes.

1) Die Sonne. Sie selbst scheint ein dunkler Körper zu sein, welcher mit einer leuchtenden Atmosphäre umgeben ist. Das

Licht des Mondes ist nach Leslie 150,000mal schwächer, nach Bouguer 250,000 bis 300,000mal schwächer.

2) Die Sterne. Die Fixsterne, welche sich für das Auge von den Planeten durch ihr funkelndes Licht unterscheiden (während das Planetenlicht ruhiger erscheint), geben der Erde nur wegen ihrer bedeutend weiteren Entfernung weniger Licht, als die Sonne.

3) Der chemische Prozeß, und zwar a) die Verbrennung, welche nichts anderes ist, als lebhafte Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff; b) das Glühen, eine gelinde Verbrennung; c) Chlor, Schwefel, Jod, Phosphor, Arsenik verbinden sich mit Metallen in der Wärme unter Lichtentwicklung. Ebenso entwickelt sich Licht, wenn calcinirte Magnesia oder frischgebrannter Kalk mit nordhäuser Schwefelsäure übergossen wird; oder wenn man Schwefelsäure tropfenweise auf Alkali gießt.

4) Pyrophore, d. h. Präparate, welche frisch bereitet, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur sich von selbst entzünden. Homberg's Alaunpyrophor erhält man, indem man Kalialaun in Kohlenpulver gelind glüht.

5) Phosphorescenz durch Bestrahlung. Der Diamant und der Bologneser Leuchtstein haben die Eigenschaft, daß sie im Dunkeln leuchten, nachdem sie zuvor dem Tages- oder Sonnenlichte ausgesetzt waren. Letzterer leuchtet, nachdem man ihn 10 Secunden lang den Sonnenstrahlen ausgesetzt hat, in vollkommenem Dunkel mit röthlichem und feurigen Lichte fast eine Stunde lang.

6) Das Krystallisiren mancher Körper, wobei die frisch gebildeten Krystalle zerspringen.

7) Die elektrischen und galvanischen Erscheinungen, welche später erklärt werden.

8) Die Reibung. Schon die Knaben bewirken Lichterscheinungen, indem sie Kiesel, Feldspath ꝛc. im Dunkeln aneinander schlagen. Zucker leuchtet beim Zerbrechen und Zerschlagen. Wenn man an einem schnell umgedrehten Schleifstein aus Sandstein Alabaster, Kalkstein, Meerschaum, Knochen, Zähne, Elfenbein ꝛc. hält, so leuchten sie. Besonders schön leuchten auf diese Art

Rosenquarz, Bergkrystall, Onyx, Chalcedon; mit rothem Lichte: Carneol, böhmischer Granat, weißes Glas; hell wie eine Flamme: die Zähne des Nilpferdes; auch Perlmutter und Eisen leuchten. Aber Holz und Steinkohlen entwickeln dabei kein Licht.

9) Leuchtende Thiere: Johanniswürmchen, der Surinam'sche Laternträger, Medusa.

10) Abgestorbene Pflanzentheile. Faulendes Holz, am meisten von Erlen, Weiden, Fichten. Am sichersten verschafft man sich dieses, wenn man die im Boden zurückbleibenden Pfahl- und Seitenwurzeln ausgräbt, wenn sie keine Sprößlinge mehr treiben, in den Keller legt und für mäßige Befeuchtung sorgt.

§. 3. Geschwindigkeit des Lichtes.

Das Licht bewegt sich mit solcher Geschwindigkeit, daß sie bei Entfernungen auf der Erde gar nicht in Berechnung genommen werden kann (Galiläi). Deßwegen suchte sie der dänische Astronom Olof Römer (1675) außerhalb der Erde zu beobachten. Der Jupiter hat 4 Trabanten; der nächststehende wird bei jedem seiner Umläufe um den Planeten regelmäßig verfinstert und sein Eintritt in den Schatten erfolgt jedes Mal nach 42 Stundeu 28 Minuten. Bliebe nun die Erde immer in gleicher Entfernung vom Jupiter, so müßten zwischen zwei auf einander folgende Verfinsterungen jenes Trabanten auch immer gleiche Zeiträume vergehen. Nun hat aber Römer beobachtet, daß der Eintritt der Verfinsterung um 15 Secunden später erfolgt, wenn die Erde etwa 630,000 Meilen weiter vom Jupiter entfernt ist, und nun war der Schluß leicht: wenn das Licht 630,000 Meilen in 15 Secunden zurücklegt, so bewegt es sich in einer Secunde 42000 Meilen weit. Von der Sonne bis zu uns braucht es etwa 8¼ Minute, vom Sirius, dem nächsten Fixstern nach der Sonne, schon über sechs Jahre, von den uns entferntesten Sternen Millionen Jahre. — Hingegen in der nämlichen Zeit, in welcher wir mit der Hand eine Bewegung machen, oder das Secunden-Pendel einen einzigen Schlag vollendet, käme das Licht 7 Mal um die ganze Erde herum.

§. 4. Verbreitung des Lichtes.

Das Licht verbreitet sich in geraden Linien, welche wir Strahlen nennen. Körper, welche die Lichtstrahlen ohne merkliche Schwächung durch sich hindurch lassen, heißen durchsichtig; solche, welche die Strahlen merklich schwächen, durchscheinend; solche, welche sie gar nicht durchlassen, undurchsichtig. Fällt das Licht auf einen undurchsichtigen Körper, so entsteht hinter demselben ein Mangel an Licht, welchen wir Schatten nennen. Sind der leuchtende und der beleuchtete Körper Kugeln, so entsteht hinter letzterem ein vollkommener Schatten, Kernschatten, und um diesen ein Raum, wohin noch einige Lichtstrahlen gelangen, Halbschatten. — Solche Schatten sind die Sonnen- und Mondsfinsternisse. Ist Fig. 23 a b die Sonne, c d der Mond, so ist c d g der Kernschatten, g c e und g d f Halbschatten. Steht die Erde in g, so gibt es auf ihr eine totale Sonnenfinsterniß; steht sie aber zwischen g und e, oder zwischen g und f, so entsteht eine partiale (theilweise) Sonnenfinsterniß; ist endlich die Erde weiter entfernt, aber noch in der Axe des Kegels a b g — etwa in h —, so entsteht eine ringförmige Sonnenfinsterniß.

Je stärker das Licht ist, desto dunkler erscheint der Schatten; dies giebt ein Mittel an die Hand, die Stärke des Lichtes zu messen, welches verschiedene Materien ausstrahlen, und das einfachste Photometer (Lichtmesser) besteht aus einem senkrecht in einer Fläche stehenden Stäbchen, welches die Schatten verschiedener Lichter auf eine gegenüber stehende, weiße Wand wirft.

Aus der Verbreitung des Lichtes in Strahlen ist es ferner klar, daß unser Auge um so weniger Lichtstrahlen treffen, je weiter wir vom leuchtenden Punkte entfernt sind, und Fig. 24 zeigt, daß die Erleuchtung abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt; daß also z. B. bei 3facher Entfernung die Erleuchtung 9mal so schwach ist. Außerdem wird die Erleuchtung noch bedeutend stärker oder schwächer, je nachdem die Lichtstrahlen mehr senkrecht, oder mehr schief auffallen.

§. 5. Der Sehwinkel.

Sämmtliche Strahlen, welche von einem sichtbaren Körper in unser Auge gelangen, vereinigen sich in diesem zu einem einzigen Punkte; sie bilden also unter einander lauter Winkel, deren Spitzen in unsern Augen liegen und deren Schenkel bis zu dem gesehenen Gegenstande reichen. Der Winkel, welchen die Strahlen von den beiden äußersten entgegengesetzten Punkten des Körpers einschließen, bestimmt die scheinbare Größe des Körpers und heißt Sehwinkel. Da nun dieser Winkel (Fig. 25) größer wird, wenn der Gegenstand uns näher ist (a), und kleiner bei weiterer Entfernung (b), so ist es klar, daß ein Gegenstand uns um so kleiner vorkommen muß, je weiter er entfernt ist. — Oftmalige Vergleichung der scheinbaren Größe der Körper mit ihrer wirklichen Größe, führt zum richtigen Augenmaß. —

Gewisse verzerrte Bilder (optische Anamorphosen) erscheinen eben des Sehwinkels wegen in richtigen Verhältnissen, wenn man sie in ungewöhnlicher Stellung betrachtet.

§. 6. Zurückwerfung (Reflexion) des Lichtes.

Die Körper, welche nicht selbst leuchten, werden uns dadurch sichtbar, daß sie das Licht, welches auf sie fällt, zurückwerfen (reflectiren) und — wenigstens theilweise — in unser Auge senden. Unsichtbar ist, was Licht nicht merklich zurückstrahlt, z. B. die Himmelsleere. — Je rauher die rückstrahlende Oberfläche ist, desto verworrener gelangen die einzelnen Lichtstrahlen in unser Auge, desto mehr saugt sie selbst von den erhaltenen Lichtstrahlen ein und behält sie zurück. Hingegen je glatter eine erleuchtete Oberfläche ist, desto regelmäßiger werden die Lichtstrahlen zurückgeworfen und erzeugen dadurch ein Bild des Gegenstandes, von welchem sie dieselben empfangen haben. Solche glatte Flächen, welche die von einem Gegenstande auf sie fallenden Lichtstrahlen so zurückwerfen, daß dadurch ein Bild des Gegenstandes hergestellt wird, nennt man Spiegel. Natürliche Spiegel sind: die Oberfläche des ruhenden Wassers, des Quecksilbers, die Krystalloberflächen 2c. Zu physikalischen Versuchen und astronomischen Beobachtungen be-

dient man sich nicht unserer gewöhnlichen Glasspiegel mit Metallbeleg (Zinn und Quecksilber), weil sie eine doppelte Zurückstrahlung haben (die eine von der äußern Glasoberfläche, die andere von der Oberfläche des Metallbelegs); sondern gut polirter Metallspiegel.

Jeder Spiegel sendet einen senkrecht einfallenden Strahl wieder senkrecht zurück, so daß einfallender und zurückgeworfener Strahl in eine und dieselbe Linie fallen. Ein schief einfallender Strahl geht nach der entgegengesetzten Seite mit der nämlichen Neigung gegen die Spiegelfläche zurück, mit welcher er einfiel, d. h. der Zurückstrahlungswinkel ist immer dem Einfallswinkel gleich. Daraus ist es leicht zu erklären, warum in einem schief hängenden Spiegel eine auf dem ebenen Boden fortrollende Kugel aufwärts zu rollen und jeder senkrecht stehende Gegenstand schief zu stehen scheint. — Alle Strahlen werden so zurückgeworfen, daß es scheint, als kämen sie von einem Punkte hinter dem Spiegel, daher erscheint in einem ebenen Spiegel der Gegenstand, von welchem die Strahlen ausgehen, so weit hinter dem Spiegel, als er vor demselben ist. Er hat dabei die nämliche Größe und Gestalt, nur daß die rechte Seite des Gegenstandes der linken Seite des Bildes, und umgekehrt, entspricht, und daß in horizontal liegenden Spiegeln (z. B. Wasserfläche 2c.) der Gegenstand in umgekehrter Stellung, erscheint. — Ein Spiegel, in welchem man einen Gegenstand ganz sehen soll, braucht bloß die halbe Höhe und Breite des Gegenstandes zu haben. — Winkelspiegel vervielfältigen die Bilder, und zwar um so mehr, je kleiner der Winkel ist, unter welchem sie verbunden sind; darauf gründet sich das von Brewster 1817 erfundene, in Kattunfabriken, Conditoreien 2c. zur Erfindung neuer Farbenzusammenstellungen öfters angewendete Kaleidoscop. — Bei zwei parallel aufgestellten Spiegeln müßte die Anzahl der Bilder unbegrenzt sein, wenn nicht bei der jedesmaligen Zurückwerfung ein Theil des Lichtes unzurückgeworfen bliebe, wodurch die Bilder immer schwächer und auch bei der größeren Entfernung immer kleiner werden; gewöhnlich sieht man nur 6 bis 8 Bilder. — Spiegelzimmer. —

Das sogenannte Mauerperspectiv (Fig. 26) gründet sich auf die Wirkung des ebenen Spiegels. Der zu betrachtende Gegenstand befindet sich in b; er wirft seine Strahlen auf den Spiegel c d, dieser reflectirt sie auf den Spiegel e f, dieser auf den Spiegel g h, dieser auf den Spiegel i k, und von hier aus kommen sie zu dem in a befindlichen Auge des Beschauers. Es ist einleuchtend, daß man zwischen die — bloß der Täuschung wegen angebrachten — Röhren l und m jeden beliebigen Gegenstand bringen kann, und doch das in b befindliche „Object" sieht. — Im Operngucker (Fig. 27) fallen die Lichtstrahlen durch a auf den Spiegel b c und gelangen von da in das in d befindliche Auge.

Der Hohlspiegel wirft die Strahlen, welche er empfängt, in einen Punkt vor seiner Mitte zurück, welcher der Brennpunkt heißt; die Entfernung des Brennpunktes vom Spiegel heißt die Brennweite. Bringt man einen beleuchteten Gegenstand (Objekt, o) vor einen Hohlspiegel, so sind in Beziehung auf die Entstehung des Bildes (b) folgende vier Fälle zu unterscheiden:

a) der Gegenstand (o) ist sehr weit vom Brennpunkte entfernt: dann entsteht in der Nähe des Brennpunktes (f) ein kleines umgekehrtes Bild. (Fig. 28.)

b) Der Gegenstand o (Fig. 29) ist dem Spiegel näher, aber noch außerhalb des Brennpunktes: dann entfernt sich das Bild von dem Spiegel, bleibt aber immer umgekehrt. In der doppelten Brennweite fällt der Gegenstand und das Bild zusammen. Nähert man den Gegenstand dem Spiegel noch mehr, so wird das Bild größer und vom Spiegel entfernter, als der Gegenstand selbst.

Anm. In den Fällen a und b läßt sich das Bild durch einen undurchsichtigen Gegenstand (ein Blatt Papier 2c.) auffangen. Es heißt daher physisches Bild oder Luftbild.

c) Der Gegenstand ist im Brennpunkte des Spiegels: dann entsteht kein deutliches Bild.

d) Der Gegenstand ist zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel: dann entsteht hinter („in") dem Spiegel ein aufrechtes, vergrößertes Bild (Fig. 30)

Bei der Straßenbeleuchtung, bei Leuchtthürmen rc. bringt man die Hohlspiegel (Blenden) hinter der Flamme an, damit die auf den Spiegel fallenden Strahlen nach der entgegengesetzten Seite zurückgeworfen werden und sich hier mit dem unmittelbar vom Lichte dahin gehenden Strahlen vereinigen.

Die erhabenen Spiegel (Fig. 31) geben in allen Fällen ein verkleinertes, aufrechtes Bild. — Cylindrische Spiegel und Kegelspiegel verzerren das Bild des Gegenstandes, werden aber eben darum angewendet, um Bilder in regelmäßiger Gestalt wieder zu geben, welche nach den Gesetzen der Zurückstrahlung solcher Flächen verzerrt gezeichnet wurden.

Auf der Zurückwerfung des Lichtes durch die höheren Luftschichten beruht die Morgen- nnd Abenddämmerung. Bevor noch die Sonne aufgegangen ist, beleuchtet sie schon von einer gewissen Tiefe unter dem Horizonte die höheren Luftschichten, und diese werfen uns einen Theil des erhaltenen Lichtes zurück. Dasselbe ist der Fall, wenn die Sonne bereits untergegangen ist. Beide sind am Aequator am kürzesten, an den Polen am längsten (51 bis 52 Tage); bei uns dauern sie zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche 38 Minuten, im Juni und Juli bis 53 Minuten.

§. 7. Die Brechung der Lichtstrahlen.

Wenn ein Lichtstrahl in schiefer Richtung auf einen durchsichtigen Körper trifft, so wird er von seinem Wege etwas abgelenkt. Wir sehen dies schon bei einem Stäbchen, das uns abgebrochen erscheint, wenn wir es schief ins Wasser so halten, daß noch ein Theil über das Wasser hervorragt. So wird der von der Sonne und den Gestirnen kommende Lichtstrahl bei seinem Eintritt in die Atmosphäre und bei seinem Fortgange durch dieselbe, ebenso jeder von der Luft in ein ebenes oder gekrümmtes Glas tretende Lichtstrahl von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. Diese Ablenkung eines Lichtstrahles von seiner Richtung bei seinem Uebergange aus einem durchsichtigen Stoffe in einen andern von verschiedener Dichtigkeit heißt Brechung des Lichtes. Je größer der Unterschied in der Dichtigkeit der zusammengrenzenden Körper

ist, desto bedeutender ist gewöhnlich die Brechung. Doch wirkt auch die übrige Beschaffenheit der Körper dabei mit; z. B. brennbare Flüssigkeiten (Oel, Weingeist) bringen eine stärkere Brechung hervor, als es nach Verhältniß ihrer Dichte sein sollte. Ferner: je mehr sich der einfallende Strahl der senkrechten Richtung nähert, desto weniger wird er gebrochen, und umgekehrt. Daraus erklärt sich, daß man ein Stück Geld 2c., das der Rand eben dem Auge verdeckt, wieder sieht, wenn man, in der alten Entfernung bleibend, Wasser in die Schüssel gießen läßt; daß uns entfernte Flüsse und Seen höher zu liegen scheinen, als ihre nächste Umgebung; daß unserm Auge der Boden des Gewässers nicht so tief vorkommt, als er wirklich ist; daß wir alle Gegenstände im Wasser nicht an dem Orte sehen, an welchem sie wirklich sind, daß wir die Sonne und die Gestirne noch einige Zeit sehen, wenn sie schon unter unserm Horizonte sind. (In unsern Gegenden sehen wir zur Zeit des längsten Tages die Sonne etwa 9 Minuten früher, als sie aufgeht und 9 Minuten länger, als sie untergegangen ist. Jenseits der Polarkreise beträgt dieser Unterschied mehrere Tage.) Da die Luft nicht immer von gleicher Dichte ist, so ist auch die Strahlenbrechung nicht immer gleich stark. Wenn sich das in der Luft enthaltene Wassergas zu verdichten beginnt, ist sie stärker, daher erscheinen uns dann entfernte Gegenstände, näher und klarer und an den Meeresküsten erblickt man dann entfernte Gegenstände, welche unter dem Horizonte liegen, mehr oder weniger über denselben hervorragend (Krimmung). — Zuweilen geht die Strahlenbrechung in eine scheinbare Zurückwerfung über, die aus der untersten und dichtesten Luftschicht in die dünnern übergehenden Strahlen werden wieder nach der Erde zurückgebrochen. Dies ist die hauptsächlichste Ursache der Fata morgana, einer Lufterscheinung, welche zuweilen an der südwestlichen Küste Unteritaliens zu sehen ist und den Zuschauern Häuser, Paläste, Gärten 2c. in bunter Mischung und unter häufiger Veränderung in der Luft vorführt, aber in umgekehrter Stellung. Eine verwandte Luftspiegelung ist das Brockengespenst.

Am sichersten hat man die Brechung der Lichtstrahlen in seiner Gewalt bei geschliffenen Gläsern. Die beiden Hauptarten der

selben sind: Hohlgläser (concave Gl.), und erhabene Gläser (convexe Gl.) Die Hohlgläser lassen die Gegenstände, durch sie betrachtet, aufrecht und verkleinert erscheinen, und zwar letzteres um so mehr, je bedeutender die Aushöhlung ist; sie brechen die von entfernten Gegenständen kommenden Strahlen so, als ob sie von näheren herkämen. — Die erhabenen Gläser (Linsen) lassen die durch sie betrachteten Gegenstände vergrößert erscheinen und in umgekehrter Stellung; — nur wenn der Gegenstand der Linse sehr nahe ist, erscheint das Bild in aufrechter Stellung und vergrößert vor dem Glase, wenn man von der Rückseite her durchsieht. — Ein Convexglas mit entsprechender Fassung und einem Griffe versehen, gibt schon eine Loupe, das einfachste aller Vergrößerungsgläser. Auf die Gesetze der Strahlenbrechung in geschliffenen Gläsern gründet sich die Einrichtung des Mikroskops und der verschiedenen Fernrohre: Perspektiv (zum gewöhnlichen Gebrauch auf der Erde), Tubus (zum Gebrauch bei geometrischen Messungen), Teleskop (zur Beobachtung der Gestirne). Die beiden Hauptgläser fast aller derartigen optischen Werkzeuge sind das Objectiv, welches dem zu betrachtenden Gegenstande zugekehrt ist, und das Ocular, welches unmittelbar ans Auge kommt; zwischen beiden ist meistens noch ein Glas (Collectiv oder Sammelglas), oder mehrere. Sämmtliche hier vereint zur Wirkung kommende Gläser brechen die Lichtstrahlen mit verschiedener Stärke und bringen dadurch ein viel deutlicheres, beim Mikroskop noch überdieß bedeutend größeres Bild hervor, als es unser Auge ohne diese Hilfsmittel zu erzeugen vermag. — Beim Sonnenmikroskop (von Lieberkühn 1738 erfunden) werden die Sonnenstrahlen von einer kleinen Glaslinse gebrochen und fallen auf den dahinter gebrachten Gegenstand, ein hinter diesem angebrachter ebener Spiegel wirft die Sonnenstrahlen nach dem Gegenstande zurück, und um sie hier auch mehr zu vereinigen, ist über demselben eine zweite Linse angebracht. Das viele tausendmal vergrößerte Bild fällt auf eine weiße Wand in einem ganz dunkeln Zimmer.

Die Camera obscura (dunkle Kammer) (Fig. 32) besteht gewöhnlich aus einer abgekürzten Pyramide a b c d, ist oben mit

einem Aufsatze (m n a b) versehen, welcher einen 45° geneigten ebenen Spiegel (e f) und unter demselben in einer beweglichen Röhre eine erhabene Linse (l) enthält. Das Licht entfernter Gegenstände (g h) fällt auf den Spiegel, und von diesem durch die Linse, welche es verkleinert, auf den Boden des Kastens (i k), wo es sogleich mit Bleistift nachgezeichnet werden kann.

Die Camera clara (die lichte Kammer) (Fig. 33) ist ein viereckiger länglicher Kasten (a b c d). Ein ebener Spiegel (e f) in ihm ist 45° gegen den Boden geneigt und im vordern, beweglichen Theile (m n) ist eine senkrecht stehende erhabene Linse (l). Das Bild eines entfernten Gegenstandes (g h) fällt, von der Linse verkleinert, in den Spiegel (e f), von diesem auf den Deckel (c d) des Kastens, oder wenn man diesen öffnet, auf ein mattgeschliffenes Glas, oder auf ölgetränktes Papier, welches man statt desselben darüber legt, so daß in i k das Bild des Gegenstandes g h erscheint.

Der Guckkasten enthält eine erhabene Linse von so großer Brennweite, daß sie die Gegenstände, welche sich in dem gegenüberstehenden, unter 45° geneigten Spiegel abbilden, bedeutend vergrößert. Die unten liegenden Gegenstände erscheinen durch den Spiegel aufrecht.

Die Zauberlaterne (Fig. 34) ist ein Kasten, welcher in seinem hintern Ende einen Hohlspiegel (a), im Brennpunkte desselben eine Lampe (b), vorne eine Röhre, gewöhnlich mit zwei erhabenen Linsen (l l) enthält. Wenn nun ein auf Glas gemaltes Bild (c d) nahe hinter den erhabenen Linsen verkehrt in den Kasten eingeschoben wird, so erscheint es aufrecht und bedeutend vergrößert auf einer gegenüberstehenden Wand. Der Versuch muß natürlich im verfinsterten Zimmer angestellt werden.

§. 8. Das Auge und die Brillen.

Der bewunderungswürdige Bau unseres Auges zeigt uns die schönste Anwendung der Gesetze von der Brechung des Lichtes. Die äußere Haut des Augapfels ist weißlich, sehr fest, undurchsichtig und unempfindlich und heißt die harte Haut. An ihrer

vordern Seite ist eine andere, gleichfalls sehr feste und unempfindliche, aber wasserhelle und durchsichtige Haut mit ihr zusammengewachsen, welche einen kleinen Vorsprung über den Augapfel bildet und Hornhaut heißt. Die ganze innere Seite der harten Haut ist mit der Gefäßhaut überzogen, welche aus lauter Blut- und Saftgefäßen besteht. Sie hat vorne eine kleine runde Oeffnung, Augenstern oder Pupille genannt, die uns als schwarzer Fleck erscheint, dessen Farbe von einer schleimigen Materie herrührt, das schwarze Pigment genannt. Der vordere Theil der Gefäßhaut heißt Regenbogenhaut, und diese ist es, welche dem Auge die Farbe gibt. Dicht unter der Gefäßhaut liegt die Netzhaut, welche eigentlich eine Fortsetzung des Sehnervs ist, der das Auge mit dem Gehirn verbindet und die Gesichtseindrücke zum Bewußtsein bringt. — Der innere Raum, welchen diese drei Häute umschließen, wird von drei verschiedenen durchsichtigen Stoffen erfüllt. Zunächst hinter der Hornhaut ist die wässerige Feuchtigkeit, eine dünne wasserhelle organische Flüssigkeit. Hinter ihr liegt die Krystallinse, deren Mitte gerade hinter der Pupille liegt, sie wird von letzterer bald mehr, bald weniger verdeckt, je nachdem eine größere oder geringere Menge von Lichtstrahlen auf das Auge treffen. Den übrigen Raum hinter der Krystallinse füllt die Glasfeuchtigkeit aus, welche so rein und durchsichtig, wie das klarste Wasser und in eine sehr dünne, durchsichtige Haut eingeschlossen ist.

Wenn man einem Andern genau in die Augen sieht, so erblickt man das eigene Bild in ihnen; dieses geschieht dadurch, daß die glatte Hornhaut wie ein erhabener Spiegel wirkt. Von diesem Bilde hat derjenige, in dessen Auge es entsteht, nicht die geringste Empfindung. — Das Sehen wird dadurch bewirkt, daß die in das Auge fallenden Lichtstrahlen hauptsächlich durch die Krystallinse so gebrochen werden, daß auf der Netzhaut ein Bild des Gegenstandes entsteht und dieser Eindruck wird durch den Sehnerven ins Gehirn fortgepflanzt, welches auf eine uns unerklärliche Weise das Bewußtsein der empfangenen Erregungen vermittelt. Das Bild, welches auf der Netzhaut entsteht, ist zwar, wie unter ähn-

lichen Umständen bei jedem erhabenen Glase, verkehrt; aber Erfahrung und Gewohnheit einerseits, so wie der Umstand anderseits, daß alle gesehenen Gegenstände trotzdem ihr gegenseitiges Verhältniß behalten, bewirken, daß wir uns dieselben in ihrer wahren Lage und Stellung vorstellen. — Daß wir mit zwei Augen doch nur einfach sehen, hat ebenfalls in Gewohnheit und Erfahrung seinen Grund, jedenfalls aber auch darin, daß beide Augenachsen in dem Gegenstande zusammentreffen.

Kommen durch fehlerhaften Bau des Auges oder nachtheilige Veränderungen in seiner Zusammensetzung die Lichtstrahlen auf der Netzhaut nicht in Einem Punkte zusammen, so entsteht auf derselben kein deutliches Bild. Das kann von zweierlei Ursachen herrühren. a) Die Krystalllinse ist zu flach, bricht also weniger, und die Strahlen vereinigen sich hinter der Netzhaut. Diesem Fehler — Weitsichtigkeit genannt — begegnet man durch Brillen mit erhabenen Gläsern, welche durch ihre Brechung die Lichtstrahlen gegen die Achse hin ersetzen, was die Krystalllinse versäumt. b) Die Krystalllinse ist zu sehr erhaben, der Lichtstrahlen werden dadurch so stark gebrochen, daß sie sich schon vor der Netzhaut vereinigen, und wieder aus einander gehen, bis sie zu derselben gelangen. Dies nennt man Kurzsichtigkeit, und man begegnet ihr durch hohle Brillengläser, welche die Strahlen von entfernteren Gegenständen so brechen, als ob sie von näheren Punkten kämen.

Die Einwirkung eines Lichtstrahles auf unser Auge dauert immer einige Zeit fort ($^1/_{10}$ bis $^2/_3$ Secunden). Daher glauben wir einen glühenden Kreis zu sehen, wenn eine glühende Kohle schnell im Kreise geschwungen wird. Der Blitz erscheint uns durch seine schnelle Bewegung als Strahl. Zeichnet man auf eine Scheibe von Pappe auf die eine Seite einen Vogel, auf die andere ein der Größe desselben entsprechendes Vogelhaus und dreht die Scheibe auf einer senkrechten Achse schnell herum, so glaubt man den Vogel im Vogelhaus zu sehen. Auch die stroboskopischen Scheiben gehören hieher.

§. 9. Das Prisma.

Wenn die Flächen, welche den Lichtstrahl brechen, nicht parallel sind, so wird der Strahl zugleich in viele Strahlen gleichsam zerspalten, die sich fächerartig ausbreiten und unter verschiedenen Farben erscheinen. Man bedient sich dazu eines dreiseitigen dichten Glases, das man **Prisma** heißt (Fig. 35 a b c). Der Winkel (a), den die beiden brechenden Flächen bilden, heißt der brechende Winkel. Steht dieser nach unten und man läßt auf die eine Seite des Prisma's (a b) das Sonnenlicht (s) fallen, und fängt es nach seinem Durchgange (am besten in einem ganz verfinsterten Zimmer) auf einer weißen Wand (w) auf, so erscheinen hier dieselben Farben, welche man im Regenbogen erblickt, von oben angefangen in folgender Ordnung: roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett. Das rothe Licht weicht von der ursprünglichen Richtung des Sonnenstrahles am wenigsten, das violette am meisten ab. Fängt man einzelne dieser Farben in einem zweiten Prisma auf, so werden sie zwar gebrochen, aber nicht aufs Neue in andere Farben zerlegt. Man kann daher diese 7 Farben als Grundfarben ansehen, aus denen durch Mischung alle übrigen entstehen. — Fängt man aber die durch das Prisma getrennten Strahlen mit einem Brennglase auf, so kommen sie wieder in einen einzigen Punkt zusammen und es entsteht wieder weißes Licht. Das weiße Licht ist also aus diesen 7 Farben zusammengesetzt, wie man sich auch überzeugen kann, wenn man dieselben auf eine kreisrunde Scheibe aufträgt und diese in schnelle Drehung versetzt. Es müssen dabei auf Roth $60\frac{3}{4}°$, auf Orange $34\frac{1}{4}°$, auf Gelb $54\frac{2}{3}°$, auf Grün $60\frac{3}{4}°$, auf Hellblau $54\frac{2}{3}°$, auf Dunkelblau $34\frac{1}{4}°$, auf Violett $60\frac{2}{3}°$ kommen — nach dem Verhältniß der Breite des Farbenstreifen im Spectrum. — Weiß erscheinen uns daher diejenigen Körper, welche alle empfangenen Lichtstrahlen unverändert zurücksenden; schwarz jene, welche dieselben verschlucken; die meisten Körper zertheilen das Licht auf ähnliche Art, wie das Prisma und werfen nur die eine Art der farbigen Strahlen, oder doch diese vorzugsweise zurück, und daraus entstehen die verschiedenen Farbenerscheinungen der Körper.

Wenn auf der einen Seite des Himmels die Sonne scheint, während auf der andern Regen herabfällt, so werden die Sonnenstrahlen in den Regentropfen eben so gebrochen, wie in einem Prisma, und es entsteht dadurch der Regenbogen, welcher — wenn man ihn nur theilweise sieht — Regengalle heißt. — Je dunkler die Regenwolke und je heller der Himmel auf Seite der Sonne ist, desto lebhafter sind die Farben des Regenbogens. Je tiefer zugleich die Sonne steht, desto größer muß der Regenbogen sein. Jeder Regentropfen sendet in demselben Augenblicke nur eine Farbe des „Spectrums" in unser Auge; aber die Aufeinanderfolge der Farben bleibt immer so, daß der äußere Rand roth, der innere violett ist. — Manchmal erscheint in einiger Entfernung außerhalb des eigentlichen Regenbogens noch ein zweiter, dem ersten gleichlaufender, von schwächeren Farben, die er zugleich in umgekehrter Ordnung aufzeigt. Man nennt ihn Nebenregenbogen und er entsteht, wie der erste, durch Brechung der Lichtstrahlen in den Regentropfen, erscheint uns aber wegen seiner größern Entfernung in schwächerem Lichte. — Mondregenbogen sind sehr selten.

Auf die Brechung der Lichtstrahlen im Bunde mit Zurückwerfung und Beugung beruhen die Höfe um Sonne und Mond, farbige Ringe, welche dieselben zu umgeben scheinen. Sie zeigen sich in der Regel, wenn die Atmosphäre viele Dünste enthält, durch welche die Strahlen jener Himmelskörper abgelenkt werden. — Ebenso beruhen die Nebensonnen und Nebenmonde auf Zurückwerfung und Brechung des Lichts.

Des Morgens und Abends sind die untern Luftschichten in der Regel am dichtesten, brechen daher auch die Sonnenstrahlen am meisten. Bei heiterm Himmel werden die blauen Strahlen zurückgeworfen, die gelben und rothen durchgelassen. Dadurch entsteht die Morgen- und Abendröthe. Sind sie weißgelblich, so verräth dies viele Dünste in der Luft und sie sind somit Vorboten des Regens; enthält die Luft wenige Dünste, so entsteht fast gar keine Morgen- und eine sehr schöne, glänzende Abendröthe.

Ein kleines vierseitiges Prisma (Fig. 36. a b c d) ist der Hauptbestandtheil der 1809 von Wollaston erfundenen Camera

lucida (helle Kammer). Dasselbe befindet sich auf einem Gestelle von $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}'$ Höhe und bricht die von einem gegenüber liegenden Gegenstande (x m) ausgehenden Lichtstrahlen (m n, x y) so, daß, sie auf einem am Fuße des Gestelles liegenden Blatt Papier (f) das verkleinerte Bild erzeugen, welches man sogleich mit Bleistift nachzeichnen kann, während sich das Auge in e befindet.

§. 10. Wirkung des Lichtes auf Pflanzen, Thiere und chemische Zusammensetzungen.

Das Licht ist es, unter dessen Einflusse Pflanzen und Thiere ihre Kraft und Schönheit erlangen. Dies sehen wir schon, wenn dieselben in Kellern oder andern dunkeln Orten lange Zeit sind. Alle Pflanzen strecken ihre Zweige und Blätter nach dem Lichte aus. So sind auch Pflanzen und Thiere zwischen den Wendekreisen am mannigfaltigsten, kräftigsten, buntesten, größten, und nehmen an Farbenfrische, Stärke, Kraft und Anzahl der Arten gegen die Pole hin immer mehr ab. Der Süden hat (nach Minding) 7mal so viel Geschlechter von Säugethieren, als der Norden und 18mal so viel Gattungen. In Spitzbergen hat man nur 30 wildwachsende Pflanzengattungen gefunden, in Jamaica und Madagascar 5000.

Nicht minder merkwürdig sind die chemischen Veränderungen, welche durch das Licht hervorgerufen werden. Wasserstoffgas und Chlorgas in einem farblosen Glase gemengt und verschlossen, bleiben bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln unverändert, setzt man aber das Glas dem Tageslichte aus, so verbinden sich beide Stoffe langsam zu Salzsäure, im Sonnenlichte aber verbinden sie sich schnell unter Verpuffung. Aehnliches erfolgt auch in einem blauen Glase, aber in einem rothen geht die Verbindung gar nicht, oder nur sehr langsam vor sich. — Bereitet man aus Kirsch- und Fliederblättern mit Spiritus eine grüne Tinktur, so verliert sie im Sonnenlichte schon innerhalb 20 Minuten ihre Farbe, während sie im Dunkeln dieselbe lange behält. Auf ähnliche Weise, nur langsamer, werden alle Zeuge, welche mit Safflor, Blausalz, Brasilienholz, Curcuma oder Wau gefärbt sind, im Sonnenlichte ge-

bleicht. — Blaue Zeuge, welche im Sonnenlichte stark „schießen,“ erhalten wieder großentheils ihre schöne Farbe, wenn man sie eine Zeit lang ins Dunkle hängt.

§. 11. Das Daguerreotyp.

Die Wahrnehmung, daß Chlorsilber durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen geschwärzt wird, brachte schon Wedgewood auf den Gedanken, die Bilder einer Camera obscura mittelst dieser Schwärzung zu fixiren. Doch erst Daguerre gelang es nach vielen mühsamen Versuchen, ein Verfahren zu entdecken, welches fast Unglaubliches leistet.

Eine mit einer dünnen Silberschicht überzogene (plattirte) Kupferplatte wird in eine wässerige Lösung von Chlorjod gelegt und hier so lange den Dämpfen des Jod ausgesetzt, bis sich eine goldgelbe oder violette Schicht von Jodsilber auf der Platte gebildet hat. Nun wird diese Platte, vor jeder fremden Einwirkung des Lichtes geschützt, genau an der Stelle der Camera obscura eingesetzt, an welcher ein scharfes Bild des abzubildenden Gegenstandes entsteht. Nimmt man nach einiger Zeit die Platte wieder von der Camera obscura weg, so sieht man noch keine Spur des Bildes; dasselbe tritt aber alsbald hervor, wenn man sie über eine gelind erwärmte, mit Quecksilber überzogene Metallplatte bringt. Denn diejenigen Stellen der Platte, welche dem Lichte am meisten ausgesetzt waren, condensiren (verdichten) die Quecksilberdämpfe, so daß sich das Quecksilber an ihnen in unendlich feinen Kügelchen niederschlägt; hingegen da, wo das Licht nicht eingewirkt hat, findet kein solcher Niederschlag statt. Der Ueberzug von Jodsilber wird nun aufgelöst und somit die fernere Einwirkung des Lichtes unmöglich gemacht, dadurch, daß man die Platte in eine siedend heiße Auflösung von Kochsalz legt. Nun hat man an den hellen Partieen des Bildes den feinen Quecksilberstaub, da, wo das Licht nicht eingewirkt hat, den gereinigten glänzenden Silberspiegel, und hält man jetzt die Platte so, daß der Spiegel solche Strahlen in das Auge zurückwirft, welche von den dunkeln Gegenständen kommen, so bildet dieser Silberspiegel den dunkeln Grund, auf welchem die

hellen Partieen durch das von den Quecksilberkügelchen nach allen Seiten hin zerstreute Licht hervortreten.

Es ist von entscheidender Wichtigkeit, den rechten Augenblick für das Herausnehmen der Platte aus der Camera obscura zu bestimmen; bleibt sie zu lange darin, so wird das Jodsilber da geschwärzt, wo das Licht am kräftigsten einwirkt, und es entsteht ein Bild, auf dem die hellsten Partieen des Gegenstandes am dunkelsten erscheinen (negatives Bild.) Die Bilder verlieren oft dadurch an Aehnlichkeit, daß die Farben der in die Camera obscura einfallenden Lichtstrahlen in verschiedener Stärke wirken. Grüne Strahlen haben fast gar keine Wirkung (daher erscheinen Bäume und dergleichen im Daguerreotyp immer sehr dunkel), auch die rothen wirken wenig.

Neunter Abschnitt.

Die Electricität.

---

§. 1. Die einfachsten electrischen Erscheinungen.

Schon im Alterthum wußte man, daß Bernstein (electron), wenn er mit Wolle gerieben wird, die Kraft erhält, leichte Körper anzuziehen und darauf wieder abzustoßen. Das Nämliche beobachtet man an Siegellack und anderem Harz, an Glasstangen oder Röhren. Diese abwechselnd anziehend und abstoßend wirkende Kraft heißt Electricität, und ein Körper, welcher sie äußert, electrisch.

Turmalin und Topas werden durch heiße Asche, der Stangenschwefel schon durch die Handwärme, seidene Kleider durch die Körperwärme electrisch. Katzen mit schwarzem Pelz, in der Dunkelheit gegen die Haare gestreichelt, zeigen electrische Funken. — Alle diese Körper besitzen ursprüngliche Electricität. Andere Körper erhalten sie erst durch Mittheilung; z. B. eine Metallplatte mit gläserner Handhabe wird electrisch, wenn sie mit einer geriebenen Siegellackstange berührt wird. Das gewöhnlichste Erregungsmittel der Electricität ist Reibung.

§. 2. Leiter und Nichtleiter.

Metalle, Kohle, Wasser und alle wasserhaltigen Körper (daher auch feuchte Luft), Pflanzen und Thierkörper erhalten durch Reibung keine Electricität, verbreiten mitgetheilte Electricität augenblicklich über ihre ganze Oberfläche und verlieren, wenn man sie mit einem in dieser Beziehung gleichartigen Körper berührt, ihre Electricität auf ihrer ganzen Oberfläche. Solche Körper nennt man Leiter. — Trockenes Glas, Harz, Schwefel, Siegellack, Bernstein, Zucker, Seide, Haare, trockene nicht verdünnte Luft erhalten durch Reibung Electricität, halten dieselbe nur an der Stelle, wo sie ihnen mitgetheilt wurde, ohne sie auf ihre Umgebung übergehen zu lassen, und verlieren, wenn man sie mit einem Leiter berührt, nur an der berührten Stelle ihre Electricität, während sie dieselbe an den übrigen behalten. Solche Körper heißen Nichtleiter. Sie dienen daher dazu, daß sie, in Verbindung gebracht mit einem Leiter, in diesem die Electricität festhalten oder isoliren, und heißen deswegen auch Isolatoren. — Andere Körper, wie Papier, Elfenbein, Marmor, Thon, Kreide, werden durch Feuchtigkeit schlechte Leiter, während sie trocken fast gar nicht leiten, und heißen daher Halbleiter.

§. 3. Der electrische Gegensatz.

Ein durch eine geriebene Glasröhre electrisches Goldblättchen wird von ihr abgestoßen, dagegen von der geriebenen Siegellackstange angezogen; und umgekehrt. Zwei Goldblättchen oder Korkkügelchen, durch die Glasröhre oder die Siegellackstange electrisirt, stoßen sich gegenseitig ab; hingegen ziehen sie einander an, wenn das eine durch die Glasröhre, das andere durch die Siegellackstange electrisirt wird. Das Nämliche zeigt sich auch an andern Körpern, wenn sie durch Reiben electrisch werden. Man ist dadurch genöthiget, sich zwei entgegengesetzte Electricitäten zu denken, und nennt die im Glase durch Reiben mit Wolle oder Seide erzeugte Electricität positiv (+ E) die im Harze erzeugte negativ (— E). Aus dem bereits Angeführten ergiebt sich das Gesetz: Gleichnamige Electricitäten stoßen einander ab, ungleichnamige

ziehen einander an. Uebrigens ist dieser Gegensatz durchaus nicht als ein gleichsam feindlicher zu denken, sondern vielmehr als Bestreben gegenseitiger Ausgleichung; die eine entsteht nie, ohne daß die andere aufgeregt wird; erhält z. B. der geriebene Körper + E, so erhält der reibende — E. In größerer Menge erscheint übrigens der positiv electrische Funke im Dunkeln als ein Büschel feiner leuchtender Strahlen, der negativ electrische, wie ein kleiner Stern. — Wenn man auf eine dünne Scheibe von Harz einen Metallring setzt und auf diesen einen electrischen Funken schlagen läßt, ihn dann wieder abnimmt und die Stelle mit feinem Pulver von Harz oder Bärlappsamen fein bestreut, so entsteht eine kreisförmige Figur mit einer Menge feiner, meist gebogener Strahlen wenn der Funke positiv war; war er aber negativ, so zeigen sich keine, oder nur sehr abgestumpfte, plumpe Strahlen und einige runde Figuren. (Man nennt diese nach ihrem Entdecker die Lichtenbergischen Figuren.) — Benetzt man ein Kartenblatt mit Lackmustinctur und läßt die Funken der positiven Electricität darüber hinstreichen, so wird die Tinktur in der Nähe des leitenden Drahtes roth gefärbt; leitet man hierauf die negative Electricität über diese Stelle, so wird die ursprüngliche blaue Farbe wieder hergestellt.

§. 4. Die Electrisirmaschine.

Die wesentlichen Theile einer Electrisirmaschine sind: ein Isolator, der an einem andern Körper, dem Reibzeug, gerieben wird, und ein isolirter Leiter, Conductor, zur Ansammlung der im Reibzeuge erregten Electricität. Man unterscheidet Cylindermaschinen und Scheibenmaschinen.

Bei der Cylindermaschine (Fig. 37) ist der Isolator ein gläserner Cylinder (a b), welcher mittelst einer Kurbel (c) umgedreht wird und dadurch an dem Reibzeuge reibt. Er ist zuweilen innen mit einem Harzüberzuge versehen, damit er sich hier nicht mit Feuchtigkeit beschlägt. Das Reibzeug (d e) ist ein ledernes, mit Amalgam (1 Zinn, 1 Zink, 2 Quecksilber nach dem Gewichte) bestrichenes, mit Roßhaaren gepolstertes Kissen, welches

durch Stahlfedern an den Cylinder sanft angedrückt wird. Den oberen Theil des Cylinders bedeckt außerdem noch ein Lappen von Wachstaffet (f), welcher an das Reibzeug befestigt ist. Auf der dem Reibzeug entgegengesetzten Seite der Scheibe steht der Conductor (m), ein Cylinder aus Metallblech, der auf Glasfüßen steht. An dem gegen den Cylinder gekehrten Ende (g) ist er mit metallnen Spitzen versehen, welche nahe an den Cylinder reichen, die Electricität desselben aufsaugen und so in den Conductor führen. Verbindet man das Reibzeug durch einen Leiter (gewöhnlich eine feine Kette) mit dem Fußboden und setzt dann die Maschine durch Umdrehung des Rades (h) in Bewegung, so erhält der Conductor positive Electricität. Isolirt man hingegen das Reibzeug und stellt noch einen besondern Conductor daran, während man den Conductor (m) mit der Erde leitend verbindet, so erhält man die negative Electricität des Reibzeuges in dem zuletzt angebrachten Conductor. — Die Scheibenmaschinen haben statt des gläsernen Cylinders eine aufrecht stehende, kreisrunde Scheibe von Glas, welche mittelst einer Axe, die durch ihre Mitte geht, umgedreht werden kann. Zu beiden Seiten der Scheibe stehen gläserne Säulen, welche die Reibzeuge tragen. Damit die Electricität der Scheibe sich nicht zerstreue, hängt über dieselbe noch Wachstaffet herab. Der Conductor ist bei dieser Art von Maschinen gewöhnlich eben so, wie bei den Cylindermaschinen; zuweilen ist er mit einer gabelförmigen Endung versehen, um die erzeugte Electricität aufzusaugen. — Je größer die zur Reibung kommende Fläche des Reibers, die Anzahl der Umdrehungen und die Wärme des Reibers und des Reibzeuges ist, desto bedeutender ist die Wirkung der Maschine; doch ist sie nicht unbegrenzt.

Als Erfinder der Electrisirmaschine gilt Otto v. Guerike (1676), dessen Reiber übrigens eine Schwefelkugel und dessen Reibzeug seine eigene Hand war. Die größte Electrisirmaschine ist die Scheibenmaschine von Kuthberson in Haarlem; sie hat 2 Scheiben von der Größe eines Wagenrades, 7 Kissen, einen Conductor von $23\frac{1}{2}$ Quadratfuß Oberfläche auf 5 Fuß hohen Glasfüßen; sie gibt Funken von 2 Fuß Länge und der Dicke eines Federkiels.

Einige der belehrendsten und unterhaltendsten Versuche mit der Electrisirmaschine sind folgende:

a) Nähert man die Hand dem Conductor, so hat man ein Gefühl, als ob man in ein Spinnengewebe griffe.

b) Berührt man den Kopf des „geladenen" Conductors, so fährt ein stechender Funke aus demselben; bei großen Maschinen geschieht dies schon in einiger Entfernung und der Funke geht im Zickzack.

c) Gießt man Weingeist in ein metallenes Gefäß, erwärmt ihn ein wenig durch eine darunter gehaltene Lichtflamme, stellt ihn auf den Conductor, ladet diesen und hält nun den Finger nahe an den Weingeist, so fährt ein Funke aus diesem, und er entzündet sich.

d) Stellt sich eine Person auf den Isolirschemel (ein Schemel mit Glasfüßen), und nimmt eine vom Conductor ausgehende Kette in die Hand, während derselbe geladen wird, so wird diese Person an ihrem ganzen Körper electrisch, die Kopfhaare heben sich empor und wo man sie berührt, dringen aus ihr electrische Funken.

e) Stellt man auf den Conductor eine Metallplatte, legt darauf kleine leichte Körperchen (Figuren von Papier 2c.) und hält eine andere Metallplatte in einiger Entfernung darüber, während die Maschine im Gang ist, so richten sich jene in die Höhe, drehen sich in den mannigfaltigsten Bewegungen, hüpfen an die obere Platte und wieder zurück (electrischer Puppentanz).

f) Wenn man trockenen Sand auf die untere Platte streut, wird er von der obern angezogen und wieder abgestoßen (electrischer Regen).

g) Das electrische Glockenspiel; gewöhnlich durch 3 Glöckchen ohne Klöppel hervorgebracht. Die äußeren hängen an feinen Kettchen, das mittlere ist an einem Seidenfaden befestigt und mit dem Fußboden leitend verbunden. Franklin bediente sich eines solchen, um sich von der Gegenwart der Electricität in den Gewitterwolken zu überzeugen.

h) Ein kleines Kreuz von Metall, dessen Spitzen alle nach derselben Seite umgebogen sind, liegt wagrecht und leicht beweglich auf einem senkrechten metallenen Stifte. Stellt man diesen auf den geladenen Conductor, so erfolgt zwischen den Spitzen und der angrenzenden Luft abwechselndes Anziehen und Zurückstoßen, wodurch das Kreuz in der umgekehrten Richtung der Spitzen herumgedreht wird (electrisches Flugrad).

i) Bringt man eine an beiden Enden mit messingnen Kapseln verschlossene luftleere Glasröhre an den geladenen Conductor, so erhellt sich im Dunkeln der ganze innere Raum derselben mit herrlichem purpurfarbenen Lichte.

Warum bei dergleichen electrischen Versuchen Trockenheit der Luft erforderlich ist, ist aus §. 1 klar.

§. 5. Der Electrophor.

Der Electrophor besteht aus einer metallenen Platte mit einem schmalen aufrecht stehenden Rande (Form), welche von einem Harz-Ueberguß bis über den Rand ausgefüllt ist (Kuchen), und einem Deckel aus einer runden metallnen Scheibe von etwas kleineren Durchmesser als der Kuchen. Der Deckel ist entweder mit einem isolirenden Griffe versehen, oder er hängt in seidenen Schnüren. Wird mit einem Katzenfell oder Fuchsschwanz die Oberfläche des Kuchens tüchtig gerieben oder gepeitscht, während man den ganzen Untersatz auf eine leitende Unterlage stellt, so wird Electricität im Kuchen erregt. Stellt man nun den Deckel mitten auf diesen, so wird er auch electrisch, und man erhält bei Berührung desselben mit der Hand einen Funken, der noch stärker ist, wenn man Form und Deckel zugleich berührt. Nun zeigen weder Deckel, noch Form eine Spur von Electricität. Hebt man aber den Deckel rasch in die Höhe und berührt ihn sodann, so fährt ein stärkerer Funke heraus, als da er auf dem Kuchen lag. So oft man den Deckel wieder auf den Kuchen bringt, berührt und abhebt, kann ihm wieder ein Funke entzogen werden, und so kann man sich eine Reihe von electrischen Funken verschaffen, mittelst deren man in einem

andern isolirten Leiter beliebig Electricität anzuhäufen im Stande ist. — Eine nützliche Anwendung des Electrophors sind die früher gebräuchlichen electrischen Feuerzeuge.

§. 6. Die Leydner Flasche und die electrische Batterie.

Ein cylindrisches Glas bis über die Hälfte hinauf inwendig und auswendig mit Stanniol überzogen, aus dessen innerem Raume ein Draht hervorgeht, der unten mit dem Beleg in Verbindung, oben mit einer messingnen Kugel versehen ist, wird eine Leydner Flasche genannt. Faßt man dieselbe an der äußern Belegung und hält ihren Knopf gegen einen geladenen Conductor, so springen Funken in sie über, sie wird geladen. Berührt man nun mit der einen Hand den äußern Beleg, mit der andern den Knopf, so erhält man einen viel stärkern Funken, als ihn der Conductor gibt. Um sie nicht immer mit eigener Hand entladen zu müßen, hat man den Auslader (Fig. 38), zwei messingne, aus einander gehende, gewöhnlich in einem Charnier bewegliche Drähte, vorn je mit einer kleinen Kugel versehen, hinten an einem gläsernen Griff verbunden. — Wird die Flasche isolirt, so ladet sie sich nicht. Wenn man aber, während sie isolirt ist, an den äußern Beleg einen Leiter bringt, so wird bei jedem Funken, der von dem Conductor auf den Knopf überspringt, ein zweiter Funken aus dem äußern Beleg auf den Leiter fahren. Der innere und äußere Beleg sind stets entgegengesetzt electrisch; es sind daher in jeder Flasche stets beide Electricitäten wirksam. — Die Entladung einer Flasche kann auch auf einem bedeutenden Umwege geschehen, z. B. durch eine ganze Reihe von Menschen, welche sich gegenseitig die Hand reichen und von denen nur der erste den Knopf berührt, während der letzte die Hand an den äußern Beleg hält.

Bringt man beim Ausladen zwischen den Knopf der Flasche und des Ausladers ein Kartenblatt, so erhält dieses ein Loch mit auf beiden Seiten aufgeworfenem Rande. Umwickelt man den dem Flaschenknopfe zu nähernden Knopf des Ausladers mit geharzter Baumwolle, oder mit Schießbaumwolle, so wird diese beim Durchbruche des Funkens entzündet. Damit verwandt ist auch das

Verfahren, das Einschlagen und Zünden des Blitzes zu veranschaulichen. — Wenn man gegen den Knopf und den äußern Beleg der Flasche ein paar metallne Spitzen hält, so geschieht die Entladung der Flasche ohne merkliches Geräusch und ohne Funken. Hält man zwischen die Knöpfe zweier Flaschen, von denen die eine positiv, die andere negativ geladen ist, eine kleine, von leinenen Fäden durchzogene Korkkugel, so werden letztere abwechselnd angezogen und abgestoßen und gerathen in mannigfache Bewegungen (electrische Spinne). — Stellt man eine geladene Flasche ruhig hin, so gibt sie ihre Electricität allmählig an die ungebundene Luft ab.

Die Ladung einer Flasche hat ihre Grenze, über die sie nicht getrieben werden kann. Will man größere Wirkung hervorbringen, so verbindet man die Knöpfe mehrerer Flaschen durch Metallkettchen, und stellt dieselben in einen Kasten, dessen Boden mit einer Blei- oder Stanniolplatte belegt ist, um auch die äußeren Belege in leitende Verbindung zu bringen, — und dieses nennt man eine electrische Batterie (Fig. 39). Die Stärke derselben hängt übrigens nicht von der Anzahl der Flaschen, sondern von der Größe des belegten Theils in ihnen ab. Die größte electrische Batterie ist zu Haarlem. Sie besteht aus 100 Flaschen, die in vier Kästen vertheilt sind und im Ganzen 550 Quadratfuß Beleg haben. (Vgl. § 4). 25 Zoll Eisendraht Nro. 1, 100 Fuß Eisendraht Nro. 16 werden durch einen Funken aus dieser Batterie geschmolzen und in glühenden Kügelchen umher geschleudert; Menschen und ziemlich große Thiere würde der Funke tödten.

§. 7. Electricität als Heilmittel.

Der electrische Funke ist ein treffliches Belebungsmittel für Ertrunkene, Erstickte und vom Blitze Erschlagene, — überhaupt, wo es darauf ankommt, das unterdrückte Athemholen wieder in Gang zu bringen. Bei Gicht, Lähmung, manchen Augenkrankheiten, Taubheit, nervösen Kopfschmerzen, bei Stockungen des Blutes und der Säfte hat man die Electricität nicht selten mit

gutem Erfolge angewendet. Doch wird dazu nicht nur eine kräftige Maschine, sondern auch öfteres Wiederholen des electrischen Reizes erfordert.

§. 8. Die Electrometeore.

Schon verschiedene Andeutungen in §. 4, 5 und 6 rechtfertigen die Annahme, daß das Gewitter eine electrische Naturerscheinung sei. Doch ist man noch nicht im Reinen, ob es durch starke Anhäufung der Electricität in den obern Luftschichten und darauf folgende Vereinigung der entgegengesetzten Electricitäten beim schnellen Niederschlag der Dünste entstehe; oder ob die dabei auftretende Electricität erst Folge des Gewitters sei. Das aber ist keinem Zweifel unterworfen, daß der Blitz ein electrischer Strahl ist. Franklin (1750) war so kühn, einen papiernen Drachen mit eiserner Spitze zur Zeit eines Gewitters steigen zu lassen und an das untere Ende der Schnur einen Schlüssel zu binden: es gelang ihm, aus diesem eben solche Funken zu ziehen, wie aus dem Conductor der Maschine. (Professor Richmann in Petersburg verunglückt am 6. Aug. 1753). Als electrischer Strahl geht der Blitz hauptsächlich den Leitern nach; oft nur von einer Wolke zur andern; wenn er aber nach der Erde fährt, zunächst auf hochliegende Gegenstände. Manchmal zündet er, manchmal nicht. Im letzteren Falle heißt er kalter Schlag. Trifft er auf schmelzbare Stoffe, so schmilzt er sie in einen Klumpen zusammen, oder Sand zu längeren (übrigens äußerst zerbrechlichen) Röhren (Blitzröhren) bis zu 20 Fuß Länge. Gebäude werden vor seiner zerstörenden Gewalt gesichert durch Blitzableiter (von Franklin erfunden 1751). — Der Donner entsteht durch die vom Blitz verursachte schnelle Ausdehnung und darauf folgende rasche Ausgleichung des Gleichgewichts der Luft und wird verstärkt durch das Echo, das der ursprüngliche Schall in den nähern und entfernteren Wolken, im Gebirge auch an den Bergwänden und Spitzen hervorruft. Daß wir ihn später hören, als wir den Blitz sehen, hat nur in der ungleichen Geschwindigkeit des Lichtes und des Schalles seinen Grund. — Einen Blitz, welcher eine halbe Stunde hoch ist, sieht man 43 Stunden

im Umkreise, den Donner hingegen hört man höchstens 5 bis 6 Stunden weit; daher hält man das Wetterleuchten oft für ein entferntes Gewitter; doch kann dies nicht von jedem Wetterleuchten gelten, indem genaue Beobachtungen dargethan haben, daß es in vielen Fällen eine vom Gewitter verschiedene, wiewohl electrische Erscheinung ist, deren Entstehungsgrund noch nicht hinlänglich erforscht ist. —

Die Wasserhosen sind wohl auch electrische, doch ebenfalls noch nicht hinlänglich erforschte Erscheinungen. Sie erscheinen als Gewitterwolken, welche sich in Spitzen auf das Meer herablassen, und das Wasser in hohen Säulen heraufziehen. Diese bewegen sich mit schrecklichem Brausen und Zischen fort und vernichten Alles, worauf sie stoßen. Hingegen das St. Elmsfeuer (kleine Flämmchen an den Spitzen der Thürme, Masten ꝛc.), welches sich gewöhnlich gegen den Ausgang eines Gewitters zeigt, ist jedenfalls eine Erscheinung der Luftelectricität. Es ist in südlichen Gegenden häufiger, als bei uns, und stets ohne Schaden.

Vorsichtsmaßregeln bei Gewittern: Vermeide die Nähe aller Leiter, Erhitzung des Körpers, mit Rauch und Dampf angefüllte Orte, im Freien namentlich hohe Gegenstände. — Nutzen des Gewitters: Reinigung der Luft, Erfrischung und Belebung aller organischen Geschöpfe.

Zehnter Abschnitt.

Der Galvanismus.

§. 1. Die einfachsten galvanischen Erscheinungen.

Eine Zinkplatte und eine Kupferplatte, mit gläsernen Handhaben versehen, werden schon dadurch electrisch, daß man sie gegenseitig berührt. Der Zitteraal (in den süßen Gewässern Südamerika's) besitzt in der hintern Hälfte seines Körpers so viel Electricität, daß er Pferde und Stiere mit einigen Schlägen tödtet und Badenden gefährlich wird. Der Zitterrochen (im Mittelmeer und im persischen Meerbusen) hat an seinem tellerförmigen Körper sechs-

eckige Fleischfasern, mittelst deren er nach Willkühr denjenigen, welche ihn berühren, betäubende und heftig erschütternde Schläge ertheilt. Legt man eine Zinkplatte auf, und eine Kupferplatte unter die Zunge oder umgekehrt, und läßt sich dieselben berühren, so empfindet man einen eigenthümlich säuerlichen, stechenden Geschmack. Das Nämliche ist der Fall, wenn man überhaupt zwei verschiedene Metalle (z. B. Silber und Blei, Kupfer und Zink) auf ähnliche Art verbindet. Legt man an den Nerven eines entblößten Froschschenkels ein Zinkstäbchen, an den zugehörigen Muskel ein Silberstäbchen, so entstehen in dem Augenblicke, in dem sich die andern Enden der Stäbchen berühren, Zuckungen im Froschschenkel. Dieses letzte Experiment brachte den Arzt und Professor Aloysius Galvani in Bologna 1791 auf die Entdeckung dieser durch Berührung hervorgerufenen Electricität, und daher heißt man sie Galvanismus.

Die festen Leiter der Electricität sind für die galvanischen Erscheinungen Leiter ersten Ranges, die flüssigen Leiter zweiten Ranges. Jene sind geeigneter, aus sich durch Berührung Electricität zu entwickeln, als diese.

§. 2. Die galvanische Kette und die galvanische Batterie.

Wenn man zwei Leiter ersten Ranges mit einem Leiter zweiten Ranges als Zwischenkörper verbindet, am besten zwei Metalle mit einer Flüssigkeit, so entsteht die gewöhnliche einfache galvanische Kette. Diese wirkt um so stärker, je verschiedenartiger die Metalle sind (Kupfer oder noch besser Silber mit Zink), und ein je besserer Leiter die Flüssigkeit ist (Salzauflösung rc.). Sind beide Metalle durch einen Leiter verbunden, etwa durch einen Metalldraht; so heißt die Kette geschlossen.

Legt man mehrere einfache galvanische Ketten über einander, so daß immer die beiden Metallplatten und darauf die Flüssigkeit, in einem Tuchläppchen oder in Pappe enthalten, in der ursprünglichen Aufeinanderfolge kommen, so entsteht eine galvanische Batterie oder Volta'sche Säule (Volta, Professor der Physik zu Pavia 1800). In Fig. 40 bedeutet k die Kupferplatten,

z die Zinkplatten, f die Flüssigkeit. Fügt man die zusammengelötheten Metallplatten so in die Fugen eines Kastens ein, daß immer zwischen je zwei Paare die leitende Flüssigkeit kommt, so erhält man den Trogapparat. Stellt man eine Anzahl kleiner Gläser oder Tassen in einen Kreis, füllt sie mit Salzauflösung und verbindet je zwei neben einander stehende durch einen metallenen Bogen, an dessen Enden auf der einen Seite eine Zinkplatte, an der andern eine Kupfer- oder Silberplatte angelöthet ist, so hat man den Becherapparat.

Die erste und letzte Platte heißen Pole, der eine Zinkpol (+) der andere Kupferpol (—). Die Metalldrähte, deren man sich zum Schließen der Säule bedient, heißen Poldrähte.

Ist die Säule isolirt, so hat sie in der Mitte einen Punkt, welcher gar keine Electricität hat (Indifferenzpunkt). Von diesem an nimmt aber die Electricitä nach beiden Enden zu. Ist aber der eine Pol mit der Erde in leitender Verbindung, so zeigt dieser keine Electricität, der andere aber eine doppelt so große, als im ersten Falle.

Kleine Korkkügelchen, dünne Metallplättchen stoßen sich ab oder ziehen einander an, je nachdem sie sich an einem und demselben Ende des Poldrahtes befinden, oder am Ende beider Poldrähte einander genähert werden. — Wenn man den Knopf der Leydner Flasche mit dem einen, den äußern Beleg mit dem andern Poldrahte verbindet, wird sie geladen. — Wenn man die beiden Pole, jeden mit einer andern Hand faßt, so empfindet man eine electrische Erschütterung, ein Ziehen, das so lange fortwährt, als man die Poldrähte gefaßt hält, und das stärker ist, wenn es mit befeuchteten Händen geschieht, am stärksten, wenn man in den befeuchteten Händen Metallkugeln hat, mit denen man die Poldrähte berührt. — Wenn man mit der Zunge den Zinkpol, mit der Hand den Kupferpol berührt, hat man eine säuerliche Geschmacksempfindung, umgekehrt eine laugenhafte. — Bringt man das eine Polende an die bewegte Stirne, das andere in die Hand, so sieht man eine augenblickliche Lichterscheinung. — Leitet man (bei sehr schwachen Säulen) die Entladung durch beide Ohren, so hört man

das electrische Knistern. — Metalldrähte, mittelst deren man die Pole verbindet, können zum Glühen, ja sogar zum Schmelzen gebracht werden, und jedes Metall in Blattform verbrennt in Flammen zwischen den beiden Poldrähten. — Das Wasser wird, wenn beide Poldrähte in dasselbe kommen, in seine Bestandtheile zerlegt, so daß sich das Wasserstoffgas am Drahte des Kupferpoles in Bläschen ansammelt, das Sauerstoffgas am Drahte des Zinkpoles, den es übrigens sogleich oxidirt, wenn die Drähte nicht aus Gold oder Platina sind. — Die Flüssigkeit zwischen den Plattenpaaren wird auch zersetzt, überzieht die Zinkplatten, dieselben oxidirend, mit einer weißen Rinde, während sie die Kupferplatten durch Schwefelwasserstoffgas schwärzt.

Die nämlichen Zersetzungen, welche in der galvanischen Batterie vor sich gehen, ereignen sich in der Natur von selbst. Dachplatten von Zink werden leicht durch Oxidation (Rost) zerstört, wenn sie mit eisernen Nägeln angeschlagen werden, weil Zink, Eisen und die Feuchtigkeit der Luft, oder noch mehr der herabfallende Regen eine galvanische Kette bilden; man braucht deßwegen dazu wieder Zinknägel, welche durch Zusatz von Blei und Antimon Härte erhalten. Die Kupferbeschläge der Schiffe bewahrt man — nach Davy's Versuchen — dadurch vor Rost, daß man etwa $^1/_{125}$ der Kupferoberfläche an Gußeisen daran befestigt, oder eiserne Nägel einschlägt; hier wird vom Meerwasser allein das Eisen (als das electropositive Metall) zerstört und kann leicht ersetzt werden. Ebenso werden Nähnadeln vor Rost bewahrt, wenn man ein Stückchen Zink dazu legt.

§. 3. Die Zambonische Säule.

Da die Säulen mit nassen Zwischenlagen verhältnißmäßig schneller Zerstörung durch sich selbst unterliegen, so versuchte man es auch, trockene Säulen zu bauen. Zuerst baute man Säulen aus Kupfer und Zink mit trockenem Papier dazwischen. Diese laden sich, wie die Volta'schen von selbst, wirken aber chemisch fast gar nicht. Zamboni, Professor der Physik in Verona, baute Säulen aus Gold- oder Silberpapier, das auf der Rückseite mit einem Teig aus Braunstein und Honig überzogen ist. Sie werden in

eine gläserne, innen und außen überfirnißte Röhre so über einander gelegt, daß die metallische Seite immer nach oben gekehrt ist. Die Röhre ist unten und oben durch Metall geschlossen. Der obere Metalldeckel ist mit einem Knopfe versehen und durch einen Draht mit der obersten Scheibe in Verbindung gesetzt. Eine wirksame Säule dieser Art fordert einige tausend Scheiben, behält aber ihre Kraft bei guter Einrichtung einige Jahre lang. Bringt man daher zwischen zwei gleichstarke zambonische Säulen, wo bei der einen der positive, bei der andern der negative Pol oben liegt, ein leichtes zu einer Uhr gehöriges Metallpendel, so wird dieses von denselben abwechselnd angezogen und abgestoßen, und die Uhr geht so lange fort, als die Säulen ihre Wirksamkeit behalten.

§. 4. Die Galvanoplastik.

Die ersten entscheidenden Versuche, welche zur Entdeckung dieser Kunst führten, machte Jacobi in Königsberg 1837. Das Verfahren ist etwa folgendes: Man füllt eine Schale (e) mit Kupfervitriolauflösung und hängt eine mit stark verdünnter Schwefelsäure gefüllte thierische Blase (f) so darüber, daß diese mit dem untern Ende die Flüssigkeit in der Schale (e) berührt. Der Gegenstand, z. B. eine Münze, von welchem man einen Abdruck zu haben wünscht, wird in einem kleinen Drahtnetze (a) von Messing oder Kupfer an das eine Ende eines biegsamen Messing- oder Kupferdrahtes gehängt und in die Kupfervitriolauflösung in der Schale getaucht, während ein am andern Ende des Drahtes befindlicher Zinkkolben (b) in die Schwefelsäure in der Blase bei d gesteckt wird. Nun beginnt der galvanoplastische Proceß, den man mehrere Stunden ununterbrochen fortdauern läßt. Nimmt man dann die Münze aus dem Drahtnetze heraus, so findet man sie stark mit Kupfer überzogen. Man feilt nun diesen Ueberzug am Rande behutsam durch und nimmt ihn von der inliegenden Platte ab. Auf ihm ist der Abdruck von der Platte wie mit dem Prägstempel ausgeführt, ohne daß die Platte selbst im geringsten dabei gelitten hat. — Aus §. 2 ist klar, daß letztere in Bezug auf Zink positiv electrisch sein, d. h. bei der Berührung damit selbst

negative Electricität annehmen und dem Zink positive abgeben muß. Sie kann daher von Blei, Kupfer, Messing, Silber, Gold, Platina sein. Wachs, Gips, Holz braucht man nur mit Graphit zu überziehen, um es auch positiv electrisch zu machen. — Da aber der Abdruck immer umgekehrt wird, so bildet man häufig zuerst von dem Originalgegenstande einen Abdruck in geschmolzenem Stearin, gibt diesem sodann einen leitenden Ueberzug von fein gepulvertem Graphit und bewirkt nun den Kupferniederschlag auf diesen Stearinabdruck.

§. 5. Wirkungen des Galvanismus auf den thierischen Organismus.

John Mansford hat die einfache Kette zur Heilung der Epilepsie mit glücklichem Erfolge angewendet. Humboldt brachte einen Hänfling, der eben den letzten sichtbaren Athemzug gethan hatte, durch eine einfache galvanische Kette wieder ins Leben, daß derselbe die Augen öffnete, sich aufrichtete, mit den Flügeln schlug und etwa 6 bis 8 Minuten wieder athmete, worauf er aufs Neue umsank und ruhig starb. Ure brachte einen eine Stunde zuvor Gehenkten in heftige, krampfhafte Muskelbewegungen, ja sogar in ein augenblickliches, tiefes Athmen, indem er denselben mit den Poldrähten einer Batterie von 270 Plattenpaaren an verschiedenen Stellen berührte; die Gesichtsmuskeln geriethen dabei in furchtbare Thätigkeit und drückten Wuth, Schreck, Verzweiflung, Angst und fürchterliches Lächeln aus, so daß mehrere Zuschauer vor Entsetzen und Uebelkeit sich entfernen mußten, ja einer sogar in Ohnmacht fiel.

Eilfter Abschnitt.

Der Magnetismus.

§. 1. Die einfachsten magnetischen Erscheinungen.

Der Magneteisenstein hat die Kraft, anderes Eisen sowie Nickel, Kobalt und Mangan anzuziehen, und wenn er frei beweg-

lich ist — das Bestreben, immer in der ungefähren Richtung von Süd nach Nord zu liegen. Man soll ihn zuerst in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien gefunden haben; daher sein Name. In Florenz ist ein solcher Stein von 5000 Pf. Taschenspieler ꝛc. bewirken manche ihrer Kunststücke dadurch, daß sie einen solchen Magnet in ihren Kleidern oder Geräthschaften verborgen haben. In Nadelfabriken kann man den beim Spitzen der Nadeln entstehenden feinen Eisenstaub vom Gesichte abhalten, wenn man dem Arbeiter gegenüber einen Magnet legt. — Man bemerkt bald, daß ein solcher Stein zwei entgegengesetzte Stellen hat, an denen seine Anziehungskraft am stärksten ist, und in der Mitte zwischen beiden liegt ein Punkt, wo sie gar nicht stattfindet. Dieser heißt der Indifferenzpunkt; jene beiden die Pole; die Linie, welche man sich von einem Pole zum andern denkt, heißt die Axe. Der eine Pol, welcher freibeweglich sich immer fast nach Norden kehrt, heißt Nordpol und wird mit + M bezeichnet, der entgegengesetzte heißt Südpol und wird als — M betrachtet. Die Anziehung des Magnets gegen Eisen kannte man schon im Alterthum, die beständige Richtung von Süd nach Nord aber beobachtete man erst seit dem 12. oder 14. Jahrhundert.

§. 2. Mittheilung und Erregung des Magnetismus.

Der Magneteisenstein theilt seine anziehende und abstoßende Kraft, ohne selbst dadurch zu verlieren, jedem Eisen mit, das mit ihm in Berührung kommt, und man hat dabei beobachtet, daß weiches Eisen den Magnetismus schneller annimmt, hartes ihn hingegen länger behält. Doch verliert sich der so erzeugte Magnetismus wieder nach einiger Zeit. Am bleibendsten ist die Uebertragung der magnetischen Kraft, wenn sie durch Streichen geschieht. Man hat dabei das zu magnetisirende Eisen in die nämliche Richtung zu legen, welche der freischwebende Magnet annimmt, und streicht mehrere Male die nördliche Hälfte mit dem Südpole des Magnets von der Mitte aus, sodann eben so oft die südliche Hälfte mit dem Nordpole des Magnets, von der Mitte anfangend (einfacher Strich). Oder man setzt einen Hufeisenmagnet

mit seinen beiden Polen in der Mitte des noch unmagnetischen Eisenstabes auf, führt ihn nach dem einen Ende, von da, ohne abzusetzen, an das entgegengesetzte zurück, und so mehrere Male hin und zurück, bis man ihn in der Mitte wieder abnimmt. (Doppelstrich). — Beim einfachen Striche hat man sich sehr in Acht zu nehmen, daß man nie rückwärts fährt, weil sonst alle Wirkung wieder verloren gienge. — Auch wenn man zwei unmagnetische Eisenstäbe gegen einander reibt, während sie in der Richtung des freischwebenden Magnets liegen, erhalten sie magnetische Kraft. So werden Feilen, Bohrer, Sägen 2c. öfters unabsichtlich magnetisch. Ja schon die bloße Lage macht oft Eisen magnetisch, z. B. senkrecht stehende Eisenstäbe, ferner Eisenstäbe, welche in der Richtung des freischwebenden Magnets liegen; und dieses wird noch befördert, wenn man dem Eisenstabe am obern Ende einige Schläge ertheilt oder ihn senkrecht auf eine harte Unterlage fallen läßt. — Wenn man Wismuth mit Kupfer zu einem Ringe zusammenlöthet und die eine Verbindungsstelle erwärmt, oder noch mehr, wenn man mehrere Metalle so verbindet, daß man abwechselnd immer das eine erwärmt, das andere erkältet, so entsteht ebenfalls Magnetismus (Thermomagnetismus, von Seebeck entdeckt). — Die Metalldrähte in der Entladungskette der geschlossenen Volta'schen Säule zeigen nicht minder magnetische Erscheinungen (Electromagnetismus, von Oersted 1820 entdeckt). — In den violetten, blauen und grünen Strahlen des Sonnenspectrums werden Stahlnadeln magnetisch (Photomagnetismus, von Morechini entdeckt).

Durch die verschiedenen Arten der Mittheilung und Erregung des Magnetismus (hauptsächlich aber durch Streichen) entstehen die künstlichen Magnete, welche in drei Hauptformen vorkommen: a) als einfache Stäbe; b) als Hufeisen (Fig. 42); c) als Nadeln. (Fig. 43).

§. 3. Der magnetische Gegensatz.

Die Stärke der magnetischen Anziehung nimmt, wie die allgemeine Anziehung, im Quadrate der Entfernung ab, sie wirkt aber durch nicht magnetische Körper (z. B. Papier, Holz 2c.) hin-

durch auf die jenseits liegenden magnetisirbaren Gegenstände. — Nähert man zwei Magnete einander mit den ungleichnamigen Polen, so ziehen sie einander an; die gleichnamigen hingegen stoßen einander ab. Jeder Magnet ruft sonach die entgegengesetzte Polarität in seiner Umgebung hervor, wenn in derselben Körper sind, welche magnetisch werden können. Wenn man eine Nähnadel an den Magnet hängt, so kann man an diese noch eine ganze Reihe von Nähnadeln nach einander hängen, indem immer an den beiden Enden derselben sich entgegengesetzte Pole bilden und die Nähnadeln sich gegenseitig wieder nach dem Gesetze des polarischen Gegensatzes verbinden. — Legt man einen Magnetstab in Eisenfeilspäne, so ordnen sich diese so, daß sie eine krumme Linie bilden, welche die beiden Pole verbinden (Fig. 44). Bei einem Hufeisenmagnet entsteht eine Brücke von Eisenfeilspänen zwischen den Polen. Bestreut man Papier mit Eisenfeilspänen, so stellt jedes Splitterchen dem Magnete den entgegengesetzten Pol zu und stellt sich aufrecht. — Verbindet man zwei oder mehrere Magnete zu einer magnetischen Batterie, so müssen immer die entgegengesetzten Pole in Berührung kommen: außerdem heben sie ihre Kraft gegenseitig auf. Das Nämliche ist erforderlich bei Verpackung von mehreren Magneten.

Auf die Anziehung der ungleichnamigen Pole gründen sich auch manche artige Spielsachen, z. B. Fische, Enten aus Blech, mit eisernem Maul oder Schnabel rc., welche man im Wasser mittelst eines kleinen Magnets beliebig leiten kann.

§. 4. Erhöhung und Verminderung der magnetischen Kraft.

Die Kraft jedes Magnets wird erhalten und verstärkt zunächst, wenn man ihm Beschäftigung gibt; d. h. wenn man Eisen daran hängt und dieses nach und nach vermehrt. Zu dem Ende versieht man die Hufeisenmagnete mit dem von den beiden Polen getragenen Anker (Fig. 42. a). An diesen können von Zeit zu Zeit immer mehr Gewichte gehängt werden, so daß die Kraft des Magnets allmählig wächst. Eine schnellere Erhöhung der Trag- und Zugkraft des Magnets erhält

man durch das **Armiren**, indem man die Pole ganz genau anschließend mit Platten von weichem Eisen belegt. Es entstehen dadurch an der Armatur die künstlichen Pole, und diese ziehen nun vereint mit den natürlichen. Die magnetische Kraft läßt sich dadurch bei größeren Magneten bis auf das 40fache, bei kleinen sogar bis auf das 300fache steigern.

Geschwächt wird ein Magnet, wenn man ihn unbeschäftigt läßt; wenn man ihn zu sehr beschwert, so daß das Gewicht dem Anker plötzlich abreißt; durch große Wärme (bei Weißglühhitze verliert der Magnet alle Kraft; im Winter ziehen die Magnete stärker, als im Sommer), und durch Feuchtigkeit. Um ihn vor dieser zu schützen, wird er nicht selten lackirt.

§. 5. Declination der Magnetnadel.

Wenn man eine Magnetnadel in eine andere Lage bringt, als die ihr eigenthümlich ist, so kehrt sie, sich selbst überlassen immer wieder in die ihr zukommende zurück. Eine Linie in der Richtung der ruhenden Magnetnadel heißt der magnetische Meridian. Dieser ist von dem geographischen Meridian an den meisten Orten verschieden. Nur zwei Linien hat man bis jetzt auf der Erde ausgemittelt, unter denen überall die Magnetnadel genau nach Norden zeigt, wo also geographischer und magnetischer Meridian zusammenfallen. Man nennt sie **Linien ohne Abweichung**. Die eine geht durch den östlichen Theil von Brasilien, durchschneidet den Aequator ungefähr unter 24° w. L. und steigt nordwärts durch das atlantische Meer und Nordamerika bis in den nördlichen Polarkreis. Die andere geht über die Ostküste von Asien und Neuholland. An allen Orten, welche westlich von einer dieser Linien liegen entfernt sich die Magnetnadel gegen Osten vom wahren Norden; an allen östlich liegenden weicht die Magnetnadel gegen Westen ab; sie kehrt sich also überhaupt der Linie ohne Abweichung zu. Diese Erscheinung heißt die **Declination** (**Abweichung**) der Magnetnadel. Sie muß natürlich um so größer sein, je weiter man sich von der Linie ohne Abweichung entfernt und dieß findet mit großer Regelmäßigkeit statt. — In Europa

und auf dem größten Theile des atlantischen Meeres ist die Abweichung westlich, in Deutschland etwa 17°; vor 1665 war sie auf dem atlantischen Meere und in Westeuropa östlich, denn damals gieng die oben zuerst beschriebene Linie ohne Abweichung über Paris. Zu Anfang dieses Jahrhunderts hatte die Declination ihre größte Höhe erreicht (über 22° in Paris), seitdem ist sie wieder im Abnehmen, so daß sich also jene Linie ohne Abweichung jetzt wieder ostwärts bewegt.

Außer dieser großen Aenderung der Declination eines Ortes, zu welcher die Magnetnadel Jahrhunderte braucht, kennt man noch eine tägliche und eine an die Jahreszeiten geknüpfte. Bei der täglichen bewegt sich die Nadel in Europa Vormittags etwas westlich, geht Nachmittags langsam östlich zurück, so daß ihre westliche Abweichung um 2 Uhr Nachmittags am größten, Morgens 8 Uhr am kleinsten ist. Im Sommer ist die tägliche Abweichung kleiner, als im Winter, und am Tage bewegt sich die Nadel stärker, als des Nachts. — Plötzliche Unruhe der Magnetnadel tritt ein bei Gewittern, Erdbeben, vulcanischen Eruptionen und während des Nordlichts.

§. 6. Inclination der Magnetnadel.

Eine unmagnetische Nadel liegt nach den Gesetzen des Gleichgewichts fester Körper horizontal, wenn sie im Schwerpunkte unterstützt ist. Wird sie aber magnetisirt, so scheint sie, im nämlichen Punkte ruhend, das Gleichgewicht verloren zu haben, indem sie sich auf dem größten Theile der nördlichen Erdhälfte mit ihrem Nordpole, auf der südlichen Halbkugel mit ihrem Südpole gegen den Horizont neigt. Diese Erscheinung wird die Neigung oder Inclination der Magnetnadel genannt. Unter einer Linie, welche den geographischen Aequator fast an der westlichen Küste Afrikas und in der Nähe von Guinea im Südmeere unter einem Winkel von 12° durchschneidet, findet keine Inclination statt; diese Linie heißt der magnetische Aequator. Je weiter man sich von ihr gegen Norden oder gegen Süden entfernt, desto größer ist die Inclination, 90° davon müßte die Nadel senkrecht stehen. Diese Punkte

heißen die **magnetischen Pole** der Erde, und es scheint deren vier zu geben, zwei nördliche und zwei südliche. Sie fallen nicht mit dem geographischen Pole zusammen, liegen aber sämmtlich innerhalb der Polarkreise. Von den nördlichen liegt der eine unter 71° N. B. in Nordamerika, der andere in Sibirien; die südlichen sind im südlichen Eismeere. — Bei uns beträgt die Inclination ungefähr 68°. Sie ist ebenfalls Aenderungen unterworfen, die jedoch weniger bedeutend sind und langsamer erfolgen, als die Aenderungen der Declination.

Mit der Abweichung und Neigung darf die Ablenkung (Aberration) nicht verwechselt werden. Sie ist die Entfernung der Magnetnadel vom magnetischen Meridian durch örtliche Ursachen, als vorgehaltenes Eisen, eisenhaltige Felsenmassen und Gebirge.

§. 7. Der Erdmagnetismus.

Sowohl die Erscheinungen der Declination und Inclination, als auch der Umstand, daß Eisenstäbe schon durch entsprechende Lage (vgl. §. 2.) magnetisch werden: setzen im Erdkörper eine Kraft voraus, derjenigen ähnlich, welche wir in jedem Magnete thätig sehen. Wir bezeichnen sie mit dem Namen **Erdmagnetismus**. Ob derselbe die Folge eines in der Erde eingeschlossenen großen Magnetes sei, oder bloß eine eigenthümliche Kraft, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden. Wenn die in der Anmerkung zu §. 9. des dritten Abschnittes entwickelte Hypothese richtig ist, so wirkt dabei die Erde jedenfalls auch als großer Magnet. — Durch die Kraft der magnetischen Erdpole wird die Richtung der Magnetnadel bestimmt; es muß daher die magnetische Kraft der nördlichen Pole die ungleichnamige von derjenigen sein, welche dem Nordpol der Magnetnadel eigen ist. Es ist daher unzweifelhaft, daß die magnetischen Nordpole der Erde Südpolarität, — eben so, daß die magnetischen Südpole der Erde Nordpolarität haben.

§. 8. Der Compaß und die verwandten Instrumente.

In allen Fällen, wo man sich über die Weltgegenden zurecht finden will, ertheilt die Magnetnadel durch ihre nördliche Richtung einen um so sicherern Aufschluß, wenn man zugleich die Declination des Ortes mit in Anschlag bringt, an welchem man sich befindet. Die Magnetnadel ist daher ein unentbehrlicher Begleiter aller Schiffe über das Meer. Man wendet sie zu diesem Zwecke in Europa seit dem 14. Jahrhundert an; in China soll sie schon früher in Gebrauch gewesen sein. Um sie vor den Schwankungen des Schiffes, des Luftzuges und dergleichen zu bewahren, wird sie in eine mit Glas verschlossene Büchse eingeschlossen, welche unten mit einem Bleigewichte beschwert und in einem Kästchen zwischen doppelten Ringen so aufgehängt ist, daß sie immer in wagrechter Stellung bleibt. Die Nadel selbst ist mit einer dünnen Scheibe verdeckt, auf welcher eine Windrose verzeichnet ist. Diese Vorrichtung heißt ein Compaß. — Zum Gebrauch auf dem Lande hat man den Taschenkompaß, eine Büchse von der Größe eines Uhrengehäuses, in welcher eine kleine Magnetnadel auf einem Stifte frei schwebt. — In Bergwerken gebraucht man den Grubencompaß oder Markscheider-Compaß. — Die von den Geometern und Ingenieurs gebrauchte Magnetnadel heißt Boussole.

§. 9. Der electro-magnetische Telegraph.

Wenn man ein hufeisenförmiges weiches Eisen mit Kupferdraht umwindet und die beiden Enden des Drahtes mit einer galvanischen Kette verbindet, so kann man dadurch, daß man mit den Drahtenden die Kette abwechselnd schließt und öffnet, das Eisen abwechselnd magnetisch machen und ihm seinen Magnetismus wieder nehmen. Dadurch wird ein Anker von diesem Electromagnet abwechselnd angezogen und abgestoßen. Die Wirkung ist die nämliche, ob der Draht einige Schuhe, oder ob er mehrere Meilen lang ist. Trägt man in letzterem Falle die Bewegung des Ankers durch ein Zahnrad auf einen Zeiger über, welcher sich vor einer Scheibe dreht, auf deren Rande die Buchstaben des Alphabets stehen, so hat man einen electro-magnetischen Telegraphen.

Durch eine entsprechende Anzahl von Schließungen und Oeffnungen der Kette kann man den Zeiger zu jedem beliebigen Buchstaben bringen, und so nicht bloß einzelne Wörter, sondern auch ganze Sätze signalisiren. Ist nämlich der Zeiger gehörig gestellt, so springt er bei der ersten Schließung der Kette auf A, bei der folgenden Oeffnung auf B, bei abermaliger Schließung auf C, bei nochmaliger Oeffnung auf D u. s. f.

§. 10. Das Nordlicht.

Das Nordlicht ist eine in den Polargegenden sich häufig zeigende Lichterscheinung am nördlichen Theile des Himmelsgewölbes. Ehe es sichtbar wird, unterscheidet man am nördlichen Himmel nach Untergang der Sonne einen undeutlichen Schimmer. Bald erheben sich breite und unregelmäßige Strahlen über den Horizont in mannigfaltiger Abwechslung. Hierauf erblickt man in weiten Abständen zwei gewaltige Feuersäulen, die eine gegen Osten, die andere gegen Westen, welche langsam, aber mit veränderlicher Geschwindigkeit und stetem Wechsel ihrer Farben zu bedeutender Höhe empor steigen. Zuletzt neigen sich die Enden der beiden Säulen gegen einander und vereinigen sich zu einem feurigen Bogen, welcher oft 10 — 12 Stunden lang stehen bleibt. Der von ihm eingeschlossene Raum ist ziemlich dunkel und wird nur von Zeit zu Zeit von breiten verschiedenfarbigen Scheinen durchzogen. Im Bogen selbst erblickt man fortwährend Streifen von lebhaftem Glanze, welche äußerlich hervorbrechen, den Himmel senkrecht durchziehen und sich in einem kleinen, beinahe kreisförmigen Raume vereinigen, der die Krone des Nordlichts heißt. Jetzt erst ist die Erscheinung in ihrer Vollständigkeit. Nur unter den günstigsten Umständen erreicht sie dieselbe. — Wie an dem Nordpole, ist sie auch an dem Südpole beobachtet worden. — Bei uns ist ein Nordlicht nur dann sichtbar, wenn es von sehr großer Ausdehnung ist und zugleich mit unserer Nacht zusammentrifft.

Die Erscheinung eines Nordlichts bewirkt nicht nur in den Gegenden, in welchen sie gesehen wird, sondern auch in weiter Entfernung davon Abweichung der Magnetnadel um mehrere Grade

von Ost nach West. Der Punkt des Himmels, wo alle Strahlen sich vereinigen, ist genau derjenige, nach welchem die Magnetnadel sich richtet. Die Kreise, welche sich immer vor den Lichtstrahlen bilden, ruhen auf zwei Theilen des Horizonts, welche in gleicher Entfernung vom magnetischen Meridian sind. Eine auffallende Unruhe der Magnetnadel kann man immer schon mehrere Stunden vor der Erscheinung des Nordlichtes wahrnehmen, und behalten die Nordlichtstrahlen nicht immer gleiche Richtung, so ist die Magnetnadel am unruhigsten. — Alle diese Umstände berechtigen wohl zu der Annahme, daß das Nordlicht mit dem Erdmagnetismus in nahem Zusammenhange stehe, wenn es auch bis jetzt nicht möglich ist, denselben zu erklären.

Schluß.

Daß Electricität und Galvanismus in sehr naher Verwandtschaft stehen, ist auf den ersten Blick klar. Der polarische Gegensatz, die Lichterscheinungen und Wärmeentwicklungen bei ihrem Auftreten, sowie der Umstand, daß Leiter und Isolatoren bei beiden Kräften im Allgemeinen dieselben sind: — dies Alles deutet zur Genüge an, daß Electricität und Galvanismus nur der Erregung nach, nicht aber in ihrem Wesen verschieden sind. Man nennt deßhalb, was Abschnitt 9 als Electricität ausschließlich bezeichnet wurde, Reibungs- (Frictions-) Electricität, während man den Galvanismus Berührungs- (Contact-) Electricität heißt. Nicht minder nahe stehen beide in Beziehung auf physiologische und chemische Wirkungen, Ablenkung der Magnetnadel und Magnetisiren von Stahlnadeln. Die letzteren Erscheinungen, so wie die übrigen Wirkungen des polarischen Gegensatzes, führen auf die nahe Beziehung, in welcher zugleich der Magnetismus zu den beiden Electricitäten steht, was auch schon das oft vereinte Auftreten in der Magnetoelectricität und im Electromagnetismus andeuten.

Strahlung, Reflexion, Durchgang und häufig vereintes Auftreten von Licht und Wärme verrathen nicht minder, wie nahe auch diese Erscheinungen einander stehen. Nachdem nun die (§. 1 des

8. Abschnitts erwähnte) Theorie der Wellenbewegung des Lichtes die befriedigendste Erklärung fast aller dahin gehörigen Erscheinungen bietet; nachdem ferner die nahe Beziehung zwischen Licht und Electricität nicht nur aus deren oft vereintem Auftreten, sondern auch aus deren gegenseitigem ursächlichen Zusammenhange, sowie aus den Licht-, Farben- und electrischen Erscheinungen des chemischen Prozesses geschlossen werden muß: so ist es wahrscheinlich, daß sämmtliche Imponderabilien (die unwägbaren Kräfte: Wärme, Licht, Electricität, Galvanismus und Magnetismus) nur verschiedenartige Abänderungen einer und derselben Grundursache sind, — als welche eben nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft die Schwingungen des Aethers angenommen werden müssen. — So viel übrigens Meloni in dieser Beziehung für Aufklärung des Verhältnisses von Licht und Wärme; und Faradey für die Erforschung des innern Zusammenhanges zwischen den beiden Electricitäten und dem Magnetismus gethan hat: — so ist die Wissenschaft bis jetzt doch noch nicht im Stande, den speciellen Nachweis obiger Vermuthung zu führen, und es müssen auch die Gelehrtesten bekennen: „Wer kann die großen Werke Gottes ausreden!“ —

Berichtigung zu S. 2. Z. 19.

Nach den neuesten Entdeckungen stellt sich die Zahl der Planeten auf 16. Doch ändert dieser Zuwachs das angegebene Volumen-Verhältniß der Planeten zur Sonne nur unbedeutend.

8. Abschnitts erwähnte) Theorie der Wellenbewegung des Lichtes die befriedigendste Erklärung fast aller dahin gehörigen Erscheinungen bietet; nachdem ferner die nahe Beziehung zwischen Licht und Electricität nicht nur aus deren oft vereintem Auftreten, sondern auch aus deren gegenseitigem ursächlichen Zusammenhange, sowie aus den Licht-, Farben- und electrischen Erscheinungen des chemischen Processes geschlossen werden muß: so ist es wahrscheinlich, daß sämmtliche Imponderabilien (die unwägbaren Kräfte: Wärme, Licht, Electricität, Galvanismus und Magnetismus) nur verschiedenartige Abänderungen einer und derselben Grundursache sind, — als welche eben nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft die Schwingungen des Aethers angenommen werden müssen. — So viel übrigens Melloni in dieser Beziehung für Aufklärung des Verhältnisses von Licht und Wärme; und Faraday für die Erforschung des innern Zusammenhanges zwischen den beiden Electricitäten und dem Magnetismus gethan hat: — so ist die Wissenschaft bis jetzt doch noch nicht im Stande, den speciellen Nachweis obiger Vermuthung zu führen, und es müssen auch die Gelehrtesten bekennen: „Wer kann die großen Werke Gottes ausreden!“ —

Berichtigung zu S. 7. Z. 19.

Nach den neuesten Entdeckungen stellt sich die Zahl der Planeten auf 16. Doch ändert dieser Zuwachs das angegebene Volumen-Verhältniß der Planeten zur Sonne nur unbedeutend.

[illegible] la Flora

de la [illegible]

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Richter, Heinrich

Leichtfaßliche Elementar-Naturlehre für den Schul- und Selbstunterricht

Nördlingen 1849

Phys.g. 373 m
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131867-3